

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-054083  
 (43)Date of publication of application : 22.02.2000

(51)Int.CI. C22C 38/00  
 G11B 5/127  
 G11B 5/31  
 H01F 10/30  
 H01F 17/00  
 H01F 17/04

(21)Application number : 10-223910

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD  
 SATO TOSHIRO  
 YAMAZAWA KIYOTO

(22)Date of filing : 07.08.1998

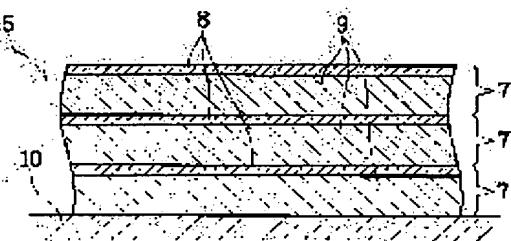
(72)Inventor : SATO TOSHIRO  
 YAMAZAWA KIYOTO  
 SASAKI YOSHITO  
 HATAUCHI TAKASHI

**(54) SOFT MAGNETIC MULTILAYERED FILM, AND FLAT MAGNETIC ELEMENT, FILTER, AND THIN FILM MAGNETIC HEAD USING THE SOFT MAGNETIC MULTILAYERED FILM, AND MANUFACTURE OF THE SOFT MAGNETIC MULTILAYER FILM**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a soft magnetic multilayered film and its manufacturing method, capable of forming insulating modified layers on respective surfaces of soft magnetic films only by a target necessary for the formation of the soft magnetic films and capable of forming the soft magnetic films into a multilayered film, and also to provide a flat magnetic element a filter and a thin film magnetic head using the soft magnetic multilayered film.

**SOLUTION:** Although a soft magnetic multilayered film 5 is constituted of a multilayered film structure of plural soft magnetic films 7, modified layers 8 of oxide film or nitride film, having capacitance with respect to high frequency, are formed on respective surfaces of the soft magnetic films 7. The modified layers 8 can be formed by oxidizing or nitriding respective surfaces of the soft magnetic films 7, and accordingly, the soft magnetic multilayered film 5 can be formed only by a target necessary to form the soft magnetic films 7.



**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 31.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

**BEST AVAILABLE COPY**

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] Soft magnetism multilayers characterized by carrying out the laminating of many soft magnetism film with which the deterioration layer of the oxide film or nitride which has an electric capacity was formed in the front face of the soft magnetism film, and said deterioration layer was formed in it.

[Claim 2] Soft magnetism multilayers according to claim 1 which O is contained in the presentation of said soft magnetism film, and have the structure in which the microcrystal phase and the amorphous phase were intermingled and by which the deterioration layer of an oxide film is formed in the front face of said soft magnetism film.

[Claim 3] Soft magnetism multilayers according to claim 1 which N is contained in the presentation of said soft magnetism film, and have the structure in which the microcrystal phase and the amorphous phase were intermingled and by which the deterioration layer of a nitride is formed in the front face of said soft magnetism film.

[Claim 4] One sort or two sorts or more of elements M with which said soft magnetism film is chosen from the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga and germanium, and rare earth elements Soft magnetism multilayers according to claim 1 which have the structure in which the amorphous phase which contains Elements O and N so much was intermingled and by which the deterioration layer of an oxide film or a nitride is formed in the front face of said soft magnetism film.

[Claim 5] The crystal structure of said microcrystal phase is soft magnetism multilayers according to claim 4 which consist of one sort or two sorts or more of hybrid structures among bcc structure, hcp structure, and fcc structure.

[Claim 6] Soft magnetism multilayers according to claim 5 to which the crystal structure of said microcrystal phase mainly changes from bcc structure.

[Claim 7] The diameters of average crystal grain of said microcrystal phase are soft magnetism multilayers according to claim 4 to 6 which are 30nm or less.

[Claim 8] Soft magnetism multilayers according to claim 4 to 7 in which said soft magnetism film is formed by the following presentation.

(Fe<sub>1-a</sub>Co<sub>a</sub>)<sub>x</sub>M<sub>y</sub>L<sub>z</sub>O<sub>w</sub>, however M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements. L a which is one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu, and shows a presentation ratio  $0 \leq a \leq 0.5$ , and x, y, z and w are at%, it is  $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ , and  $10 \leq y+z \leq 40$ , and the remainder is x.

[Claim 9] They are the soft magnetism multilayers according to claim 8 whose remainder a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is  $0 \leq a \leq 0.3$ , x, y, z, and w are at%, it is  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ , and  $20 \leq w \leq 35$ , and is x.

[Claim 10] Said elements M are soft magnetism multilayers according to claim 8 or 9 which are the elements which contain one side or both among Zr and Hf.

[Claim 11] The presentations a of said soft magnetism film are soft magnetism multilayers according to claim 8 to 10 whose presentation Z it is 0 and is 0at%.

[Claim 12] Soft magnetism multilayers according to claim 4 to 7 in which said soft magnetism film is formed by the following presentation.

xM<sub>y</sub>L<sub>z</sub>O<sub>w</sub>, however T are elements which contain either or both among Fe and nickel. (Co<sub>1-a</sub>Ta) M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L a which is one sort or two sorts or more of elements

chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd, and shows a presentation ratio  $0 \leq a \leq 0.7$ , and x, y, z and w are at%, the relation of  $3 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $7 \leq w \leq 40$ , and  $20 \leq y+z+w \leq 60$  is satisfied, and the remainder is x.

[Claim 13] They are the soft magnetism multilayers according to claim 12 whose remainder a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is  $0 \leq a \leq 0.3$ , x, y, z, and w are at%, the relation of  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 19$ ,  $20 \leq w \leq 35$ , and  $30 \leq y+z+w \leq 50$  is satisfied, and is x.

[Claim 14] Said elements T are soft magnetism multilayers according to claim 12 or 13 which are Fe.

[Claim 15] The ratio of concentration of Co and Fe is soft magnetism multilayers according to claim 14 which are  $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$ .

[Claim 16] Soft magnetism multilayers according to claim 8 or 12 for which N is used with N or O instead of O as one element which constitutes said soft magnetism film.

[Claim 17] The specific resistance of said soft magnetism film is soft magnetism multilayers according to claim 4 to 16 which are 300-3000 micro ohm-cm.

[Claim 18] The flat-surface mold magnetic cell characterized by forming the core of the soft magnetism multilayers indicated by claim 1 thru/or either of 16.

[Claim 19] The filter characterized by forming the core of the soft magnetism multilayers indicated by claim 1 thru/or either of 16.

[Claim 20] It is the thin film magnetic head characterized by forming at least one side of the soft magnetism multilayers indicated by claim 1 thru/or either of 16 among said lower core layers and up core layers in the thin film magnetic head which has said lower core layer, the up core layer which counters through a magnetic gap, and the coil layer which gives a record field to both core layers in the opposite section of a lower core layer and a record medium at least.

[Claim 21] After forming to a presentation the soft magnetism film which has O and/or N in membrane formation equipment, oxygen or nitrogen is introduced in said equipment. The process which is made to oxidize or nitride the front face of said soft magnetism film, and forms in said front face the deterioration layer of the oxide film or nitride which has an electric capacity, The manufacture approach of the soft magnetism multilayers characterized by having the process which carries out the laminating of the soft magnetism film which carries out by repeating said process and has a deterioration layer on a front face, and multilayers-izes it.

[Claim 22] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 21 which said soft magnetism film is exposed to atmospheric air, and the front face of said soft magnetism film is oxidized, and form in said front face the deterioration layer of the oxide film which has electric capacity after forming said soft magnetism film.

[Claim 23] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 21 or 22 which oxidize the front face of said soft magnetism film, and form the deterioration layer of an oxide film in said front face when it has O in the presentation of said soft magnetism film.

[Claim 24] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 21 which nitride the front face of said soft magnetism film, and form the deterioration layer of a nitride in said front face when it has N in the presentation of said soft magnetism film.

[Claim 25] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 21 to 24 which form said soft magnetism film by the following presentation.

(Fe<sub>1-a</sub>Co<sub>a</sub>)<sub>x</sub>MyLzKw, however M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements. L They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu. K -- the inside of O or N -- on the other hand -- or a which is an element containing both and shows a presentation ratio --  $0 \leq a \leq 0.5$ , x, and y, z and w are at%, and set to  $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ , and  $10 \leq y+z \leq 40$ , and the remainder is x.

[Claim 26] It is the manufacture approach of soft magnetism multilayers according to claim 25 that  $0 \leq a \leq 0.3$ , and x, y, z and w are at%, and set to  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ , and  $20 \leq w \leq 35$  a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film, and the remainder is x.

[Claim 27] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 25 or 26 which form said element M including one side or both among Zr and Hf.

[Claim 28] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 25 to 27 which form the presentation a of said soft magnetism film by 0, and form presentation Z at 0at%.

[Claim 29] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 21 to 24 which form said soft magnetism film by the following presentation.

xMyLzKw, however T are elements which contain either or both among Fe and nickel. (Co<sub>1-a</sub>Ta) M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd. K -- the inside of O or N -- on the other hand -- or a which is an element containing both and shows a presentation ratio -- 0<=a<=0. -- 7, x, and y, z and w are at%, and set to 3<=y<=30, 0<=z<=20, 7<=w<=40, and 20 <=y+z+w<=60, and the remainder is x.

[Claim 30] It is the manufacture approach of soft magnetism multilayers according to claim 29 that 0<=a<=0.3, and x, y, z and w are at%, and set to 7<=y<=15, 0<=z<=19, 20<=w<=35, and 30 <=y+z+w<=50 a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film, and the remainder is x.

[Claim 31] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 29 or 30 which form said element T by Fe.

[Claim 32] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers according to claim 31 which form the ratio of concentration of Co and Fe by 0.3 <= {Co/(Co+Fe)} <=0.8.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

[Field of the Invention] With respect to the soft magnetism film used for the core of for example, a flat-surface mold magnetic cell (a transformer, inductor) etc., this invention is only a target for forming the soft magnetism film especially, and relates to the manufacture approach of the flat-surface mold magnetic cell and filter using the soft magnetism film, the soft magnetism multilayers which can form the multilayers structure of an insulator layer (deterioration layer), and these soft magnetism multilayers, the thin film magnetic head, and said soft magnetism multilayers.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] The soft magnetism film used as magnetic layers, such as a flat-surface mold magnetic cell (a transformer, inductor), a filter, and the thin film magnetic head, can mention the Fe-Hf-O film indicated by the publication-number No. 316748 [ six to ] official report as soft magnetism film which has need excellent in the RF property, for example, was excellent in frequency characteristics.

[0003] Drawing 9 is the sectional view of the conventional inductor. In drawing 9, the flat-surface coil 3 is formed on a magnetic layer 1, and said flat-surface coil 3 is covered with the insulating layer 2. Furthermore, a magnetic layer 4 is formed on said insulating layer 2, and the edge of this magnetic layer 4 is magnetically connected with said magnetic layer 1. Said magnetic layers 1 and 4 are formed with said Fe-Hf-O film excellent in the RF property etc. Although said magnetic layers 1 and 4 are formed by the spatter etc., the magnetic layer 4 formed on the insulating layer 2 which has covered the flat-surface coil 3 has the need of thickening thickness of said magnetic layer 4 in order to prevent magnetic saturation.

[0004] However, when the thickness of said magnetic layer 4 is formed thickly, there is a problem that the core loss (iron loss) in a high frequency band becomes large. A core loss is in specific resistance at the relation of an inverse proportion, and since the Fe-Hf-O film mentioned above has high specific resistance, if said Fe-Hf-O film is used as magnetic layers 1 and 4, it can reduce a core loss. However, since said core loss has the relation of proportionality in the square of thickness, if thickness becomes thick, in a high frequency band, a core loss will become large rapidly at coincidence. Therefore, in order to reduce generating of said core loss and to prevent magnetic saturation, it is necessary to use the multilayers which carried out the laminating of the soft magnetism film formed by thin thickness, and the insulator layer by turns. General aluminum 2O3, general SiO2, etc. as an insulating material are used for said insulator layer.

**[0005]**

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, within membrane formation equipment, in order to carry out the laminating of the soft magnetism film and the insulator layer by turns Since presentations with said soft magnetism film (for example, Fe-Hf-O film) and an insulator layer (for example, aluminum 2O3) differ Preparing two kinds, a target required in order to form the soft magnetism film, and a target required in order to form an insulator layer, and exchanging each target, the laminating of the soft magnetism film and the insulator layer must be carried out by turns, and a production process makes it complicated. Moreover, after membrane formation, when patterning the magnetic layer which consists of soft magnetism film and an insulator layer, since etching rates differed, respectively, there were troubles, like workability is very bad by the soft magnetism film and the insulator layer.

[0006] This invention is for solving the above-mentioned conventional trouble, and it is only a target required in order to form the soft magnetism film especially, and an insulating deterioration layer is formed in the front face of said soft magnetism film, and it aims at offering offering the soft magnetism multilayers which can realize multilayers-ization of said soft magnetism film, and its manufacture approach and the flat-surface mold magnetic cell using these soft magnetism multilayers, a filter, and the thin film magnetic head.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The soft magnetism multilayers in this invention are characterized by carrying out the laminating of many soft magnetism film with which the deterioration layer of the oxide film or nitride which has an electric capacity was formed in the front face of the soft magnetism film, and said deterioration layer was formed in it.

[0008] In this invention, O is contained in the presentation of said soft magnetism film, and, moreover, it has the membrane structure in which the microcrystal phase and the amorphous phase were intermingled. N shall be contained in the presentation of the thing by which the deterioration layer of an oxide film is formed in the front face of said soft magnetism film, or said soft magnetism film, moreover it shall have the membrane structure in which the microcrystal phase and the amorphous phase were intermingled, and the deterioration layer of a nitride shall be formed in the front face of said soft magnetism film.

[0009] Said soft magnetism film which constitutes each layer of the soft magnetism multilayers of this invention has the membrane structure in which the amorphous phase which contains so much the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, one sort or two sorts or more of elements M chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements, and Elements O and N was intermingled.

[0010] Moreover, as for the crystal structure of said microcrystal phase, it is desirable to consist of one sort or two sorts or more of hybrid structures among bcc structure, hcp structure, and fcc structure, and the crystal structure of said microcrystal phase is mainly consisting of bcc structure more preferably. Moreover, as for the diameter of average crystal grain of said microcrystal phase, in this invention, it is desirable that it is 30nm or less.

[0011] Moreover, by this invention, said soft magnetism film is formed by the following presentation.  $(Fe1-aCoa) xMyLzOw$ , however M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements. L a which is one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu, and shows a presentation ratio  $0 \leq a \leq 0.5$ , and x, y, z and w are at%, it is  $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ , and  $10 \leq y+z \leq 40$ , and the remainder is x. a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is  $0 \leq a \leq 0.3$  more preferably, x, y, z, and w are at%, it is  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ , and  $20 \leq w \leq 35$ , and the remainder is x.

[0012] Moreover, as for said element M, it is desirable that it is the element which contains one side or both among Zr and Hf. In this invention, the presentation a of said soft magnetism film is 0, and, as for said soft magnetism film, it is still more desirable that presentation Z is 0at%, i.e., it is formed by the Fe-M-O film.

[0013] Or said soft magnetism film in this invention is formed by the following presentation.  $xMyLzOw$ , however T are elements which contain either or both among Fe and nickel.  $(Co1-aTa) M$  They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L a which is one sort or two sorts or more of elements chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd, and shows a presentation ratio  $0 \leq a \leq 0.7$ , and x, y, z and w are at%, the relation of  $3 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $7 \leq w \leq 40$ , and  $20 \leq y+z+w \leq 60$  is satisfied, and the remainder is x.

[0014] Moreover, a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is  $0 \leq a \leq 0.3$ , x, y, z, and w are at%, it is satisfied with this invention of the relation of  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 19$ ,  $20 \leq w \leq 35$ , and  $30 \leq y+z+w \leq 50$ , and, as for the remainder, it is more desirable that it is x.

[0015] Moreover, it is desirable that said element T is Fe in this invention, and it is desirable that the ratio of concentration of Co and Fe is  $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$  in this case. Furthermore by this invention, N may be used with N or O instead of O as one element which constitutes said soft magnetism film mentioned above. The specific resistance of said soft magnetism film in this invention explained in full detail above is 300-3000micro ohm-cm.

[0016] Moreover, this invention is characterized by forming the flat-surface mold magnetic cell and the core of a filter by the soft magnetism multilayers mentioned above.

[0017] Furthermore, at least one side is characterized by being formed of the soft magnetism multilayers mentioned above among said lower core layers and up core layers in the thin film magnetic head in which this invention has at least said lower core layer, the up core layer which counters through a magnetic gap, and the coil layer which gives a record field to both core layers in the opposite section of a lower core layer and a record medium.

[0018] The manufacture approach of the soft magnetism multilayers in this invention introduces oxygen or nitrogen in said equipment, after forming to a presentation the soft magnetism film which has O and/or N in

membrane formation equipment. It is characterized by having the process which is made to oxidize or nitride the front face of said soft magnetism film, and forms in said front face the deterioration layer of the oxide film or nitride which has electric capacity, and the process which carries out the laminating of the soft magnetism film which carries out by repeating said process and has a deterioration layer on a front face, and multilayers-izes it. Moreover, in this invention, after forming said soft magnetism film, said soft magnetism film may be exposed to atmospheric air, the front face of said soft magnetism film may be oxidized, and the deterioration layer of the oxide film which has electric capacity may be formed in said front face.

[0019] Moreover, when it has O in the presentation of said soft magnetism film in this invention, it is desirable to oxidize the front face of said soft magnetism film, and to form the deterioration layer of an oxide film in said front face. When it has N in the presentation of said soft magnetism film in this invention, it is still more desirable to nitride the front face of said soft magnetism film, and to form the deterioration layer of a nitride in said front face.

[0020] By this invention, said soft magnetism film is formed by the following presentation.

$(Fe_{1-a}Co_a)xMyLzKw$ , however M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements. L They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu. K -- the inside of O or N -- on the other hand -- or a which is an element containing both and shows a presentation ratio --  $0 \leq a \leq 0.5$ , x, and y, z and w are at%, and set to  $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ , and  $10 \leq y+z \leq 40$ , and the remainder is x. Moreover, in this invention,  $0 \leq a \leq 0.3$ , and x, y, z and w are at%, and set to  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ , and  $20 \leq w \leq 35$  a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film, and, as for the remainder, it is more desirable that it is x.

[0021] It is desirable to form said element M by this invention including one side or both among Zr and Hf furthermore. Moreover, in this invention, the presentation a of said soft magnetism film is formed by 0, and presentation Z is formed at 0at%, namely, it is desirable to form the presentation of said soft magnetism film at Fe-M-O.

[0022] Or by this invention, said soft magnetism film is formed by the following presentation.

$xMyLzKw$ , however T are elements which contain either or both among Fe and nickel.  $(Co_{1-a}Ta)_a$  M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd. K -- the inside of O or N -- on the other hand -- or a which is an element containing both and shows a presentation ratio --  $0 \leq a \leq 0.7$ , x, and y, z and w are at%, and set to  $3 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $7 \leq w \leq 40$ , and  $20 \leq y+z+w \leq 60$ , and the remainder is x.

[0023] Moreover, in this invention,  $0 \leq a \leq 0.3$ , and x, y, z and w are at%, and set to  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 19$ ,  $20 \leq w \leq 35$ , and  $30 \leq y+z+w \leq 50$  a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film, and, as for the remainder, it is more desirable that it is x. Moreover, it is desirable to form said element T by Fe in this invention, and it is desirable to form the ratio of concentration of Co and Fe in this case  $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$ .

[0024] It is known by forming the soft magnetism film which has thin thickness for the magnetic layer used for a flat-surface mold magnetic cell (an inductor, transformer), a filter, the thin film magnetic head, etc. from the former, and an insulator layer with the multilayers structure which carried out the laminating by turns that it is possible prevention of magnetic saturation and to reduce the core loss (iron loss) in a high frequency band.

[0025] In the former, although aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, etc. were used as an insulator layer, since the presentation of the soft magnetism film differed from the presentation of said insulator layer, there were problems, such as needing two kinds, the target for forming the soft magnetism film and the target for forming an insulator layer, on the occasion of membrane formation and badness of the workability by the difference in the etching rate of the soft magnetism film and an insulator layer.

[0026] So, in this invention, only with the target required for membrane formation of the soft magnetism film, the soft magnetism film and an insulator layer can form the soft magnetism multilayers by which the laminating was carried out by turns, and make it possible to form the presentation of said soft magnetism film and insulator layer by the same presentation moreover. Drawing 1 is a sectional view showing the structure of the multilayers-ized soft magnetism multilayers 5 in this invention. As shown in drawing 1, on the substrate 10, the laminating of two or more soft magnetism film 7 is carried out. In this invention, O (oxygen) and/or N (nitrogen) contain in the presentation of said soft magnetism film 7, and it has become it with that in which the microcrystal phase of the element which bears magnetism, such as Fe and Co, and the amorphous phase which encloses this microcrystal phase were intermingled as membrane structure.

[0027] As shown in drawing 1, the deterioration layer 8 is formed in the front face of each soft magnetism film 7. This deterioration layer 8 is the oxide film or nitride which has an electric capacity to a RF, and said deterioration layer 8 shields magnetically the non-deteriorated layer 9 (part which removed the deterioration layer 8 from the soft magnetism film 7) which has soft magnetic characteristics, and it enables it to demonstrate a function equivalent to the insulator layer in the former in a RF field.

[0028] If the configuration element of said deterioration layer 8 is the same as the non-deteriorated layer 9 and it sees in presentation, the soft magnetism multilayers 5 shown in drawing 1 are formed in the condition almost near a monolayer. As mentioned above, in this invention, O (oxygen) and/or N (nitrogen) contain in the presentation of the soft magnetism film 7 by which a laminating is carried out on a substrate 10. The amounts of O (oxygen) or N (nitrogen) differ in parts other than the front face of said soft magnetism film 7, and the front face of said soft magnetism film 7, O (oxygen) and/or N (nitrogen) contain in the front face of said soft magnetism film 7 mostly, and the deterioration layer 8 of a strong oxide film or a nitride is formed in it.

[0029] After drawing 2 forms the Fe-Hf-O film of 3.0-micrometer thickness and forms the deterioration layer 8 of an oxide film in a front face, it shows the result of having performed the Auger-analysis method. The Fe-Hf-O film used by this analysis is Fe<sub>55</sub>Hf<sub>11</sub>O<sub>34</sub>. Moreover, it is the content (at%) of each atom with which the axis of abscissa of drawing 2 constitutes the sputtering depth (micrometer) from a front face, and an axis of ordinate constitutes the Fe-Hf-O film.

[0030] By the analysis result shown in drawing 2, the content of an oxygen atom has increased very much in Mr. about 0.01-micrometer Fukashi compared with Fe atom or Hf atom from the front face. Moreover, from the front face, by about 0.01 micrometers, although there are few contents, Fe atom and Hf atom are also contained. Thus, although there are many contents of an oxygen atom on a front face, there is no change in being Fe-Hf-O as a presentation. That is, near a front face is the natural oxidation film with which a lot of oxygen was contained in said Fe-Hf-O, and this part is said deterioration layer 8. Moreover, the content of Fe atom has increased and the location deeper than about 0.01 micrometers from a front face shows soft magnetic characteristics.

[0031] Thus, in the front face of the Fe-Hf-O film, and the other part, though it is a monolayer since the contents of an oxygen atom differ greatly although the presentation is the same, the deterioration layer 8 which has magnetic insulation is in the laminating condition piled up on the non-deteriorated layer 9 which has soft magnetic characteristics other than a front face.

[0032] this invention persons are the followings, and it was made and proved [ persons ] that said deterioration layer 8 functioned as a magnetic insulating layer to a high-frequency field. As first shown in drawing 3, said Fe-Hf-O film was formed on the substrate, natural oxidation of the front face of this Fe-Hf-O film was exposed and carried out to atmospheric air, and the deterioration layer was formed. The thickness of the deterioration layer of the front face of the Fe-Hf-O film used for the experiment which the Auger analysis shown in drawing 2 analyzes the soft magnetism film shown in drawing 3, namely, is shown in drawing 3 is about 0.01 micrometers.

[0033] In drawing 3, two polar zone was stuck on the front face of the deterioration layer of said Fe-Hf-O film, alternating voltage was supplied between polar zone, and the impedance was measured. The experimental result is shown in drawing 4. If it becomes a high frequency band with a frequency [ of alternating current ] of about 100MHz as shown in drawing 4, an impedance will fall sharply. This means that said deterioration layer is functioning as a capacity component electrically in a high frequency band.

[0034] It is a requirement for functioning as a magnetic insulating layer to the alternating current field of a high frequency that the layer between magnetic films functions as an electric capacity component to the high frequency current. In this invention, if this deterioration layer functions as an electric capacity component in a high frequency band at least when the oxidizing zone or the deterioration layer of a nitrated case is formed in the front face of soft magnetism film, such as Fe-Hf-O film, its attention is paid to the phenomenon in which it can function as magnetic shielding to the high-frequency field of a high frequency between the multilayers which have soft magnetism.

[0035] In this invention, this deterioration layer 8 can be operated as a magnetic insulating layer to a high-frequency field by forming the deterioration layer 8 of the oxide film or nitride which functions on the front face of the soft magnetism film 7 shown in drawing 1 as an electric capacity component to the high frequency current. Therefore, in the soft magnetism multilayers shown in drawing 1, each non-deteriorated layers 9 and 9 and the magnetic thickness of -- can be reduced, and it is effective in reduction of a core loss. And since it is multilayers, the overall amount of saturation magnetic flux can be raised, and the soft magnetic materials which magnetic saturation cannot produce easily can be obtained.

[0036] In addition, the approach of forming an oxide film in the front face of said Fe-Hf-O film can be easily formed by exposing into [ after forming said Fe-Hf-O film ] atmospheric air, or enclosing oxygen in membrane formation equipment. Since Hf atom which is easy to combine with an oxygen atom is contained in said Fe-Hf-O film, the oxygen atom contained in atmospheric air can draw near to said Hf atom, and is considered that a rich oxide film is formed in said Fe-Hf-O film front face with oxygen.

[0037] In this invention, O (oxygen) and/or N (nitrogen) are contained in a presentation like the Fe-Hf-O film. On the front face of the soft magnetism film containing one sort or two sorts or more of elements M which are furthermore easy to combine with said oxygen atom or a nitrogen atom and which are chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements, positively After forming deterioration layers, such as an oxide film or a nitride, the soft magnetism film which has the same presentation as said soft magnetism film is again formed on said deterioration layer, and oxide-film \*\*\*\* forms the deterioration layer of a nitride in the front face of said soft magnetism film further. Thus, the non-deteriorated layer 9 in which the soft magnetism multilayers by which the laminating was carried out have soft magnetic characteristics as shown in drawing 1 , Non-deteriorated layer 9 which the deterioration layer 8 of the oxide film or nitride which has electric capacity to an alternating current serves as multilayers structure by which the laminating was carried out by turns, and counter through the deterioration layer 8 If it is in the condition of having been intercepted magnetically and the thickness of the soft magnetism film 7 is formed thinly, the thickness of the non-deteriorated layer 9 which has soft magnetic characteristics becomes thin, and can aim at reduction of a core loss. Moreover, the thickness of multilayers structure, then said soft magnetism multilayers 5 whole can be thickly formed for said soft magnetism multilayers 5, and magnetic saturation can be prevented.

[0038] In especially this invention, it is only a target required for membrane formation of the soft magnetism film 7, and since the non-deteriorated layer 9 and the deterioration layer 8 of the soft magnetism film 7 which-izing of the production process could be carried out [ easy ], and were moreover formed since the soft magnetism multilayers 5 of multilayers structure were formed are the same in presentation, the etching rate is almost the same and its workability is also good.

[0039] Next, the description of the soft magnetism film in this invention is explained. The soft magnetism film in this invention has the membrane structure in which the amorphous phase which contains so much the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, one sort or two sorts or more of elements M chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements, and Elements O and N was intermingled.

[0040] The concrete empirical formula of the soft magnetism film in this invention is expressed with xMyLzOw (Fe<sub>1-a</sub>Co<sub>a</sub>). However, L is one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu, and the presentation ratio x, and y, z and w are at%. In addition, it replaces with O or N (nitrogen) may be contained in the presentation with O.

[0041] In said soft magnetism film, Fe is a principal component and is an element in which ferromagnetism is shown. Therefore, said Fe is an element which bears magnetism. In order to obtain high saturation magnetic flux density especially, many contents of Fe are so desirable that there are. Co is an element which bears magnetism as well as Fe, and a part of Fe is permuted and it can be added. For obtaining good soft magnetic characteristics, it is desirable that an addition ratio with Fe is 0.5 or less, and it is still more desirable in it being 0.3 or less for it.

[0042] Element M is an element required since it is compatible in soft magnetic characteristics and high resistance, and it is easy to combine these with oxygen, they form an oxide, are mainly distributed the inside of amorphous, and raise the specific resistance of a magnetic film. in order to acquire this effectiveness -- at least -- more than 5at% -- although being contained is desirable, when there are too many additions, it is desirable that it is less than [ 30at% ] because of the fall of the saturation magnetic flux density by the soft magnetic characteristics of a magnetic film deteriorating, and the concentration of Fe falling. It is less than [ more than 7at%15at% ] more preferably.

[0043] Element L is an element which adjusts the corrosion resistance, frequency characteristics, and magnetostriction of a magnetic film. These elements L cause degradation of soft magnetic characteristics, or the fall of saturation magnetic flux density and are not desirable if it adds exceeding 10at(s)%. It is good more preferably to consider as less than [ 5at% ]. Moreover, in case compound addition is carried out with Element M, the total amount of Element M and Element L is desirable in it being less than [ more than 5at%40at% ].

[0044] what Element O exists the inside of amorphous, combines it with Element M, and forms the oxide of M -- it is -- less than [ more than 10at%40at% ] -- being contained is desirable. In order to acquire good soft

magnetic characteristics, high saturation magnetic flux density, and good frequency characteristics, as for the addition of Element O, it is desirable that it is less than [ more than 20at%35at% ].

[0045] In order to maintain high saturation magnetic flux density, securing good soft magnetic characteristics in this invention, a which shows a presentation ratio is  $0 \leq a \leq 0.5$ , x, y, z, and w are at%, it is  $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ , and  $10 \leq y+z \leq 40$ , and, as for the remainder, it is desirable that it is X. Furthermore, in order to obtain certainly good soft magnetic characteristics and high saturation magnetic flux density, a is  $0 \leq a \leq 0.3$ , x, y, z, and w are at%, it is  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ , and  $20 \leq w \leq 35$ , and it is more desirable that the remainder is x.

[0046] Moreover, as for said element M, it is desirable that it is the element which contains one side or both among Zr and Hf. It is desirable to make the presentation a of said soft magnetism film to 0, and to make presentation z 0at% by this invention, furthermore. That is, it is desirable to form the presentation of said soft magnetism film by Fe-M-O. This Fe-M-O film has very high saturation magnetic flux density.

[0047] Or by this invention, said soft magnetism film may be formed by the following presentation. xMyLzOw, however T are elements which contain either or both among Fe and nickel. (Co1-aTa) M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L It is one sort or two sorts or more of elements chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd, and  $0 \leq a \leq 0.7$ , and x, y, z and w are at% about a which shows a presentation ratio. It is referred to as  $3 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $7 \leq w \leq 40$ , and  $20 \leq y+z+w \leq 60$ , and the remainder is x.

[0048] In order to maintain high saturation magnetic flux density, securing good soft magnetic characteristics in this invention,  $0 \leq a \leq 0.3$ , and x, y, z and w are at%, and set to  $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 19$ ,  $20 \leq w \leq 35$ , and  $30 \leq y+z+w \leq 50$  a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film, and, as for the remainder, it is more desirable that it is x.

[0049] Next, as membrane structure of the soft magnetism film in this invention, as shown in drawing 8, the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject is intermingled in the amorphous phase from which the oxide (or nitride) of Element M serves as a subject. Since said amorphous phase is mainly formed with the oxide of Element M, it shows the high specific resistance rho and shows high specific resistance also about the whole film. If it replaces especially with Fe or Fe and Co is added, oxygen will contain also in a microcrystal phase, the specific resistance rho also with said high microcrystal phase will be shown, and the specific resistance rho of the whole film will become high compared with the case of the Fe-M-O film.

[0050] Moreover, if Co is contained on the soft magnetism film, the uniaxial anisotropy of said soft magnetism film will become several times as large as the uniaxial anisotropy of the Fe-M-O film, therefore the frequency characteristics of the permeability of the soft magnetism film in this invention will become very good. However, if Co is added on said soft magnetism film, saturation magnetic flux density will fall compared with the Fe-M-O film.

[0051] Moreover, in this invention, as the crystal structure of the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, although you may be any among bcc structure (body-centered cubic structure), fcc structure (face centered cubic structure), and hcp structure (hexagonal close packed structure), it is that the great portion of crystal structure is more preferably formed with bcc structure. In addition, as for the diameter of average crystal grain of said microcrystal phase, it is desirable that it is 30nm or less.

[0052]

[Embodiment of the Invention] Drawing 5 and drawing 6 show the structure of the inductor in this invention, drawing 5 is a top view and drawing 6 is the 6-6 line sectional view of drawing 5. As shown in drawing 6, it takes out on a substrate 30 and the electrode 31 is formed. This ejection electrode 31 has a role of a terminal. On said substrate 30 and the ejection electrode 31, the laminating of an insulator layer 32, a magnetic film 33, and the insulator layer 34 is carried out one by one, and the flat-surface coil 35 of a spiral coiled form is formed on an insulator layer 34. The core of the flat-surface coil 35 is taken out through the through hole which was able to be opened in the insulator layer 32, the magnetic film 33 formed by the soft magnetism multilayers of this invention, and the insulator layer 34, and is connected with the electrode 31. The magnetic layer 37 which the wrap insulator layer 36 was furthermore formed in the flat-surface coil 35, and was formed by the soft magnetism multilayers of this invention on the insulator layer 36 is formed.

From the edge of the flat-surface coil 35, the ejection electrode 38 is prolonged on the substrate 30. It has the function as a terminal like [ said ejection electrode 38 ] the ejection electrode 31.

[0053] the flat-surface coil 35 -- from right conductivity metallic materials, such as copper, silver, gold, aluminum, or these alloys, -- becoming -- an inductance, a direct-current weight property, size, etc. -- responding -- electric -- a serial or juxtaposition -- further -- length -- or it can arrange suitably through an

insulator layer horizontally. Moreover, two or more flat-surface coils 35 are formed in juxtaposition, and a transformer can consist of making each flat-surface coil 35 counter through an insulator layer 36. Furthermore, the flat-surface coil 35 can be created in various kinds of configurations by carrying out photo etching after forming a conductive layer on a substrate. What is necessary is just to use proper approaches, such as braces sticking by pressure, plating, metallizing, vacuum deposition, sputtering, IOMBU rating, and the screen-stencil calcinating method, as the membrane formation approach of a conductive layer.

[0054] As for insulator layers 32, 34, and 36, it is desirable to use what consists of minerals film, such as high polymer films, such as polyimide, SiO<sub>2</sub>, glass, and hard carbon film. These insulator layers 32, 34, and 36 are formed by approaches, such as the approach of calcinating behind paste printing or a spin coat, a hot-dipping method, thermal spraying, gaseous-phase plating, vacuum deposition, sputtering, and IOMBU rating.

[0055] Drawing 7 is drawing of longitudinal section of the thin film magnetic head as an operation gestalt of this invention. The thin film magnetic heads shown in drawing 7 are the so-called MR / inductive compound-die thin film magnetic head by which it was formed in the trailing side edge side of the slider which constitutes a surfacing type head, and the laminating of the inductive head for writing was carried out on the read-out head (reproducing head). In addition, the thin film magnetic head shown in drawing 7 is an inductive head.

[0056] The sign 40 shown in drawing 7 is the lower core layer 40 formed by the soft magnetism multilayers of this invention. On said lower core layer 40, the gap layer 41 formed by nonmagnetic insulating materials, such as aluminum 2O<sub>3</sub>, is formed, and the insulating layer 42 formed with a resist ingredient or other organic materials is further formed on said gap layer 41.

[0057] On said insulating layer 42, the coil layer 43 is spirally formed with the conductive ingredient with low electric resistance, such as Cu. In addition, although said coil layer 43 is formed so that the perimeter of end face section 45b of the up core layer 45 mentioned later may be gone around, in drawing 7, said a part of coil layer 43 has appeared. And on said coil layer 43, the insulating layers 44, such as an organic resin ingredient, are formed.

[0058] On said insulating layer 44, the up core layer 45 formed by the soft magnetism multilayers of this invention is formed. Point 45a of the up core layer 45 is joined through said gap layer 41 in the opposite section with a record medium on the lower core layer 40, and gap length's G1 magnetic gap is formed. Moreover, end face section 45b of the up core layer 45 is magnetically joined to the lower core layer 40 through the hole formed in the gap layer 41 and the insulating layer 42.

[0059] In the inductive head for writing, if a record current is given to the coil layer 43, a record field will be guided to the lower core layer 40 and the up core layer 45, and a magnetic signal will be recorded on record media, such as a hard disk, by the leak field from a magnetic gap part with point 45a of the lower core layer 40 and the up core layer 45.

[0060] In this invention, drawing 5, the magnetic films 33 and 37 of an inductor shown in 6 and the lower core layer 40 of the thin film magnetic head shown in drawing 7, and the up core layer 45 are formed of the soft magnetism multilayers 5 to which two or more laminatings of the soft magnetism film 7 were carried out, as shown in drawing 1. As shown in drawing 1, as for said soft magnetism film 7, the deterioration layer 8 of an oxide film or a nitride is formed in the front face, and parts other than said deterioration layer 8 are the non-deteriorated layers 9 which have soft magnetic characteristics. Said deterioration layer 8 is a high frequency band, had electric capacity and has achieved the function as magnetic shielding film.

[0061] In this invention, said soft magnetism film 7 has the membrane structure in which the amorphous phase which contains so much the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, one sort or two sorts or more of elements M chosen from Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements, and Elements O and N was intermingled, as shown in drawing 8. Element M is contained also in the deterioration layer 8 of the oxide film or nitride currently formed in the front face of said soft magnetism film 7 with Fe and/or Co despite the minute amount, the configuration element of said deterioration layer 8 is the same as the non-deteriorated layer 9 which has soft magnetic characteristics, and said soft magnetism multilayers 5 are in the condition near a monolayer in presentation.

[0062] However, in this invention, the contents of the oxygen atom contained in said deterioration layer 8 which constitutes the soft magnetism film 7, and the non-deteriorated layer 9, or a nitrogen atom differ greatly, a lot of oxygen atoms or nitrogen atoms are positively contained in the deterioration layer 8 made into the oxide film or the nitride, and it has insulation. Furthermore, as mentioned above, said deterioration layer 8 is a high frequency band, and has the function which shields magnetically between the non-deteriorated layers 9 which have electric capacity and have soft magnetic characteristics.

[0063] Thus, it is possible to be able to prevent magnetic saturation by thickening thickness by forming said soft magnetism multilayers 5 with the multilayers structure of the soft magnetism film 7, and to reduce the core loss in a RF moreover, since between the non-deteriorated layers 9 which have a soft magnetism property by the deterioration layer 8 formed in the front face of each soft magnetism film 7 is shielded magnetically. Therefore, the above-mentioned inductor and the above-mentioned thin film magnetic head which used said soft magnetism film can have the outstanding RF property.

[0064] What is necessary is just to use a spatter, vacuum deposition, etc., in order to form the soft magnetism multilayers 5 shown in drawing 1. What is necessary is just to use the existing things, such as RF two-poles spatter, DC spatter, magnetron sputtering, a trilateral spatter, an ion beam spatter, and an opposite target type spatter, as a sputtering system.

[0065] In a sputtering system, the target for forming the soft magnetism film 7 is prepared, and said soft magnetism film 7 is formed by spatter discharge on the substrate shown in drawing 1. As an approach of adding O<sub>2</sub> (oxygen) or N<sub>2</sub> (nitrogen) in said soft magnetism film 7 at the time of this membrane formation The mixed gas (Ar+O<sub>2</sub>) which mixed O<sub>2</sub> gas or N<sub>2</sub> gas in inert gas, such as Ar, or (Ar+N<sub>2</sub>) the reactant spatter which performs a spatter in an ambient atmosphere, Or the approach of carrying out the spatter of the multicomponent target using the chip of the oxide of Element M or a nitride in Ar ambient atmosphere or Ar+O<sub>2</sub> and Ar+N<sub>2</sub> ambient atmosphere is effective.

[0066] After forming the soft magnetism film 7 of the 1st layer first on the substrate 10 shown in drawing 1, spatter discharge is stopped, O<sub>2</sub> (oxygen) or N<sub>2</sub> (nitrogen) is enclosed, and the deterioration layer 8 of an oxide film or a nitride is formed in the front face of said soft magnetism film 7. This deterioration layer 8 has electric capacity to a RF. And again, by spatter discharge, the soft magnetism film 7 of the 2nd layer is formed on said deterioration layer 8, spatter discharge is stopped after membrane formation, oxygen or nitrogen is enclosed, and the deterioration layer 8 of an oxide film or a nitride is formed in the front face of said soft magnetism film 7. By repeating this process, the soft magnetism multilayers 5 of multilayers structure which carried out the laminating of the non-deteriorated layer 9 which has the soft magnetic characteristics of the part except the deterioration layer 8, and the insulating deterioration layer 8 by turns can be formed.

[0067] Moreover, as an approach of forming the deterioration layer 8 of an oxide film in the front face of said soft magnetism film 7, as mentioned above, the deterioration layer 8 of an oxide film can be formed in the front face of said soft magnetism film 7 the approach of enclosing oxygen in [ after forming the soft magnetism film 7 ] equipment, and by exposing the formed soft magnetism film 7 into atmospheric air. In addition, when O (oxygen) is contained in the presentation of said soft magnetism film 7, it is desirable to form the deterioration layer 8 of an oxide film in the front face of said soft magnetism film 7. Or when N (nitrogen) is contained in the presentation of said soft magnetism film 7, it is [ after forming said soft magnetism film 7 ] desirable by enclosing nitrogen to form the deterioration layer 8 of a nitride in the front face of said soft magnetism film 7.

[0068] Next, the presentation of the soft magnetism film 7 used by this invention is explained. Said soft magnetism film 7 is formed of the presentation which consists of xMyLzOw (Fe1-aCoa). M is one sort or two sorts or more of elements chosen from Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, aluminum, Si, Cr, P, C, B, Ga, germanium, and rare earth elements. However, L a which is one sort or two sorts or more of elements chosen from Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, and Cu, and shows a presentation ratio 0<=a<=0.5, and x, y, z and w are at%, it is 5<=y<=30, 0<=z<=20, 5<=w<=40, and 10 <=y+z<=40, and the remainder is x.

[0069] a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is 0<=a<=0.3 more preferably, x, y, z, and w are at%, it is 7<=y<=15, 0<=z<=5, and 20<=w<=35, and the remainder is x. Moreover, as for said element M, in this invention, it is desirable that it is the element which contains one side or both among Zr and Hf.

[0070] Or by this invention, said soft magnetism film 7 is formed by the presentation of xMyLzOw (Co1-aTa). T is an element which contains either or both among Fe and nickel. However, M They are one sort or two sorts or more of elements chosen from Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, aluminum, Ga, germanium, and rare earth elements. L a which is one sort or two sorts or more of elements chosen from Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, and Pd, and shows a presentation ratio 0<=a<=0.7, and x, y, z and w are at%, it has the relation of 3<=y<=30, 0<=z<=20, 7<=w<=40, and 20 <=y+z+w<=60, and the remainder is x. More preferably, a which shows the presentation ratio of said soft magnetism film is 0<=a<=0.3, x, y, z, and w are at%, it has the relation of 7<=y<=15, 0<=z<=19, 20<=w<=35, and 30 <=y+z+w<=50, and the remainder is x.

[0071] Moreover, it is desirable that said element T is Fe in this invention, and it is desirable that the ratio of

concentration of Co and Fe is  $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$  in this case. The soft magnetic characteristics and frequency characteristics which were more excellent in setting the rate of Co and Fe to  $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$  by setting Element T to Fe can be acquired. It is good to set the rate of Co and Fe to 7:3 still more preferably. Moreover, as one element which constitutes said soft magnetism film in this invention, N may be used with N or O instead of O. In addition, according to the soft magnetism film 7 of this invention, it is possible to obtain the specific resistance of 300-3000 micro ohm-cm extent.

[0072] As mentioned above, by this invention, as shown in drawing 1, two or more soft magnetism film 7 is formed with the multilayers structure by which the laminating was carried out, moreover the deterioration layer 8 of the oxide film or nitride which has electric capacity to a RF is formed in the front face of each soft magnetism film 7, and, as for the soft magnetism multilayers 5, between the non-deteriorated layers 9 which have a soft magnetism property is magnetically shielded by said deterioration layer 8. Thus, it is possible to be able to prevent magnetic saturation by thickening thickness by forming said soft magnetism multilayers 5 with the multilayers structure of the soft magnetism film 7, and to reduce the core loss in a RF moreover, since between the non-deteriorated layers 9 which have a soft magnetism property by the deterioration layer 8 formed in the front face of each soft magnetism film 7 is shielded magnetically.

[0073] By using only the target used in order especially to form the soft magnetism film 7 by this invention, the non-deteriorated layer 9 shown in drawing 1  $R > 1$  and the deterioration layer 8 can form the multilayers structure by which the laminating was carried out by turns, and can easy-ize a production process. And since the non-deteriorated layer 9 and the deterioration layer 8 of said soft magnetism film 7 are the same in presentation, an etching rate's are almost the same, and can raise workability.

[0074] In addition, in this invention, as a concrete example which uses the soft magnetism multilayers 5 shown in drawing 1, although an inductor (drawing 5  $R > 5$  six) and the thin film magnetic head (drawing 7) were mentioned, it is applicable also to the soft magnetism multilayers of a thin film transformer which prepared the upstream and secondary coil, for example. The thin film and lance which used these soft magnetism multilayers can have the outstanding RF property like an above-mentioned inductor and the thin film magnetic head. Furthermore, migration communication equipment progresses and recent years require a miniaturization and RF-izing of a device. Meanwhile, the filter excellent in the RF property can be offered by applying said soft magnetism multilayers 5 to an air core inductor with a large occupancy area in the component of the LC filter for portable telephones.

[0075]

[Effect of the Invention] According to this invention explained in full detail above, it has O (oxygen) and/or N (nitrogen) in a presentation, for example. As membrane structure After forming the soft magnetism film which is the structure where the microcrystal phase which makes Fe and/or Co a subject, and the amorphous phase which contains Elements M (Hf etc.) and O and/or N so much are intermingled, The laminating of the soft magnetism film with which the front face of said soft magnetism film was oxidized or nitrided, the deterioration layer was formed, and said deterioration layer was formed in the front face was carried out, and it is multilayers-sized. In this invention, if said deterioration layer forms the thickness of said soft magnetism film thinly and it is multilayers-sized, in order that it may have an electric capacity component in a high frequency band and may demonstrate a magnetic shielding function, while it can aim at reduction of a core loss, it can prevent magnetic saturation.

[0076] Especially in this invention, since the configuration element of said deterioration layer is the same as the soft magnetism film while being only a target required in order to form the soft magnetism film, being able to form in a front face the multilayers structure of the soft magnetism film of having a deterioration layer and being able to realize easy-ization of a production process, it excels also in workability.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

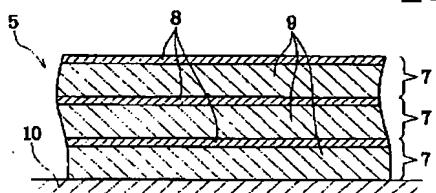
JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

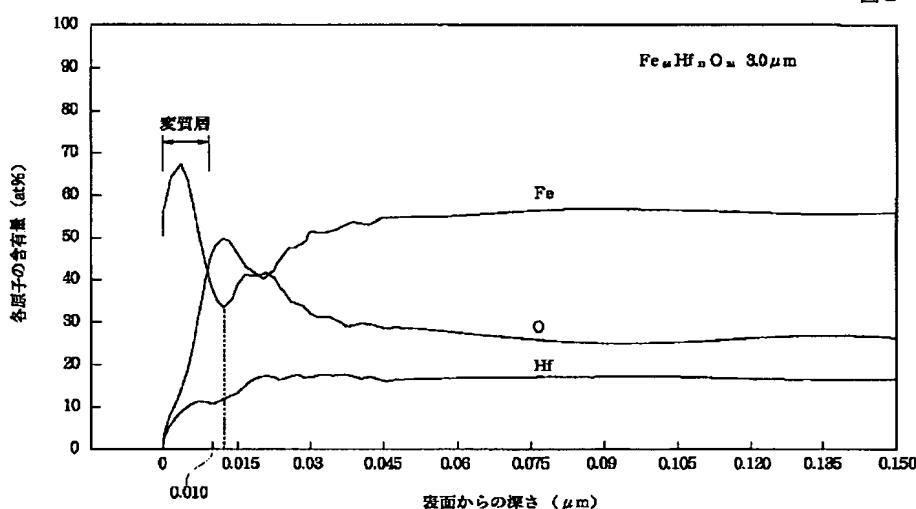
## [Drawing 1]

図 1



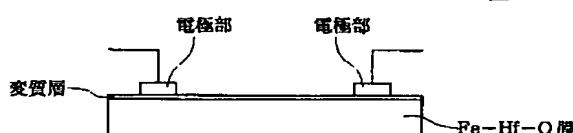
## [Drawing 2]

図 2



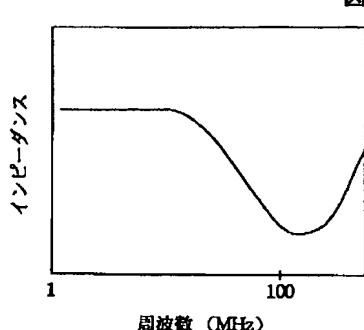
## [Drawing 3]

図 3



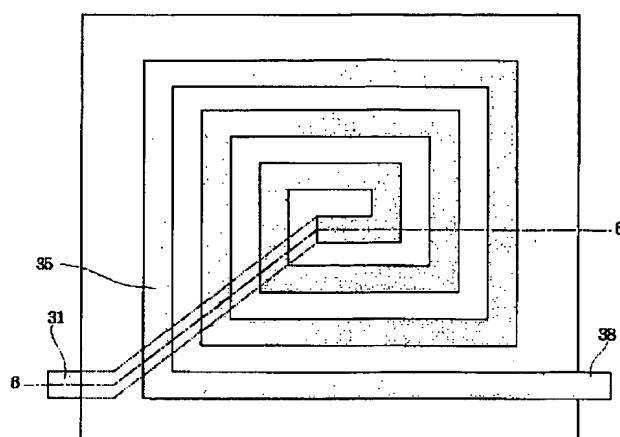
## [Drawing 4]

図 4



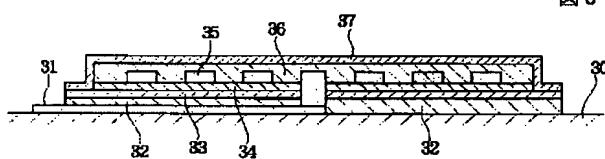
[Drawing 5]

図5



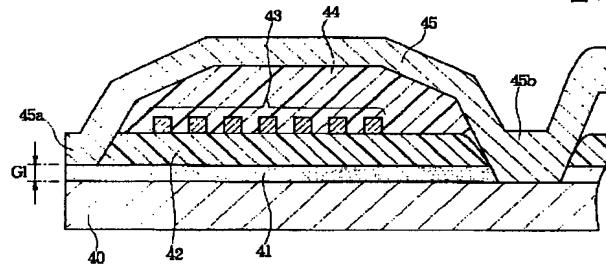
[Drawing 6]

図6



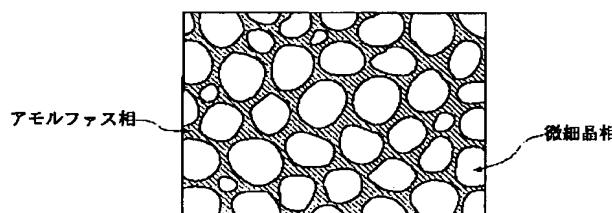
[Drawing 7]

図7



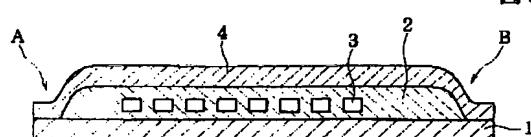
[Drawing 8]

図8



[Drawing 9]

図9



[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-054083

(43)Date of publication of application : 22.02.2000

(51)Int.CI.

C22C 38/00  
G11B 5/127  
G11B 5/31  
H01F 10/30  
H01F 17/00  
H01F 17/04

(21)Application number : 10-223910

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD  
SATO TOSHIRO  
YAMAZAWA KIYOTO

(22)Date of filing : 07.08.1998

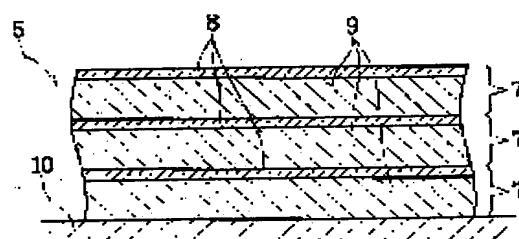
(72)Inventor : SATO TOSHIRO  
YAMAZAWA KIYOTO  
SASAKI YOSHITO  
HATAUCHI TAKASHI

(54) SOFT MAGNETIC MULTILAYERED FILM, AND FLAT MAGNETIC ELEMENT, FILTER, AND THIN FILM MAGNETIC HEAD USING THE SOFT MAGNETIC MULTILAYERED FILM, AND MANUFACTURE OF THE SOFT MAGNETIC MULTILAYER FILM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a soft magnetic multilayered film and its manufacturing method, capable of forming insulating modified layers on respective surfaces of soft magnetic films only by a target necessary for the formation of the soft magnetic films and capable of forming the soft magnetic films into a multilayered film, and also to provide a flat magnetic element a filter and a thin film magnetic head using the soft magnetic multilayered film.

**SOLUTION:** Although a soft magnetic multilayered film 5 is constituted of a multilayered film structure of plural soft magnetic films 7, modified layers 8 of oxide film or nitride film, having capacitance with respect to high frequency, are formed on respective surfaces of the soft magnetic films 7. The modified layers 8 can be formed by oxidizing or nitriding respective surfaces of the soft magnetic films 7, and accordingly, the soft magnetic multilayered film 5 can be formed only by a target necessary to form the soft magnetic films 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-54083

(P2000-54083A)

(43)公開日 平成12年2月22日 (2000.2.22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコト <sup>*</sup> (参考)
C 22 C 38/00	3 0 3	C 22 C 38/00	3 0 3 S 5 D 0 3 3
G 11 B 5/127		G 11 B 5/127	K 5 D 0 9 3
5/31		5/31	C 5 E 0 4 9
H 01 F 10/30		H 01 F 10/30	5 E 0 7 0
17/00		17/00	B

審査請求 未請求 請求項の数32 OL (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-223910

(71)出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(22)出願日 平成10年8月7日(1998.8.7)

(71)出願人 597151541

佐藤 敏郎

長野県長野市若里186-1 グランドハイツ若里305号

(71)出願人 392003188

山沢 清人

長野県長野市松代町城東90番地

(74)代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

最終頁に続く

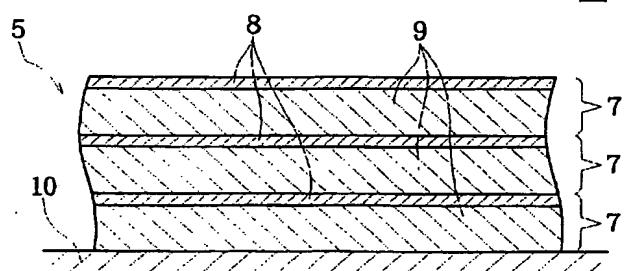
(54)【発明の名称】 軟磁性多層膜とこの軟磁性多層膜を用いた平面型磁気素子、フィルタ、及び薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性多層膜の製造方法

(57)【要約】

【課題】 従来、インダクタなどの磁性膜は、薄い膜厚を有する磁性膜と、絶縁膜とを交互に積層した多層膜構造で形成され、これにより、コア損失の低減と磁気的な飽和の防止を図っていた。ところが、前記軟磁性膜の組成と絶縁膜の組成は異なるため、成膜時に2つのターゲットが必要になることや、前記軟磁性膜と絶縁膜のエッティングレートの違いにより、加工性が悪化していた。

【解決手段】 軟磁性多層膜5は、複数の軟磁性膜7の多層膜構造で形成されているが、各軟磁性膜7の表面には、高周波に対し電気容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層8が形成されている。前記変質層8は、軟磁性膜7の表面を酸化あるいは窒化することによって形成され、従って、軟磁性多層膜5は、軟磁性膜7の成膜に必要なターゲットのみで形成できる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟磁性膜の表面に、電気的な容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層が形成され、前記変質層が形成された軟磁性膜が多数積層されていることを特徴とする軟磁性多層膜。

【請求項2】 前記軟磁性膜の組成にはOが含まれ、微結晶相とアモルファス相とが混在した構造を有しており、前記軟磁性膜の表面に、酸化膜の変質層が形成されている請求項1記載の軟磁性多層膜。

【請求項3】 前記軟磁性膜の組成にはNが含まれ、微結晶相とアモルファス相とが混在した構造を有しており、前記軟磁性膜の表面に、窒化膜の変質層が形成されている請求項1記載の軟磁性多層膜。

【請求項4】 前記軟磁性膜は、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相と、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素Mと、元素O及び/またはNを多量に含むアモルファス相とが混在した構造を有し、前記軟磁性膜の表面に、酸化膜または窒化膜の変質層が形成されている請求項1記載の軟磁性多層膜。

【請求項5】 前記微結晶相の結晶構造は、bcc構造、hcp構造、fcc構造のうち1種あるいは2種以上の混成構造から成る請求項4記載の軟磁性多層膜。

【請求項6】 前記微結晶相の結晶構造が、主にbcc構造から成る請求項5記載の軟磁性多層膜。

【請求項7】 前記微結晶相の平均結晶粒径は、30nm以下である請求項4ないし6のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項8】 前記軟磁性膜が下記の組成で形成されている請求項4ないし7のいずれかに記載の軟磁性多層膜。



ただし、Mは、Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, Cuから選ばれる1種または2種以上の元素であり、組成比を示すaは、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、x, y, z, wはat%で、 $5 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $5 \leq w \leq 40$ 、 $10 \leq y+z \leq 40$ であり、残部はxである。

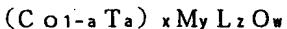
【請求項9】 前記軟磁性膜の組成比を示すaは、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 5$ 、 $20 \leq w \leq 35$ であり、残部がxである請求項8記載の軟磁性多層膜。

【請求項10】 前記元素Mは、Zr, Hfのうち一方あるいは両方を含む元素である請求項8または9に記載の軟磁性多層膜。

【請求項11】 前記軟磁性膜の組成aは0であり、組

成Zは0at%である請求項8ないし10のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項12】 前記軟磁性膜が下記の組成で形成されている請求項4ないし7のいずれかに記載の軟磁性多層膜。



ただし、TはFe, Niのうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、Mは、Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, Al, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Pdから選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、組成比を示すaは、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、x, y, z, wはat%で、 $3 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $7 \leq w \leq 40$ 、 $20 \leq y+z+w \leq 60$ の関係を満足し、残部はxである。

【請求項13】 前記軟磁性膜の組成比を示すaは、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 19$ 、 $20 \leq w \leq 35$ 、 $30 \leq y+z+w \leq 50$ の関係を満足し、残部はxである請求項12記載の軟磁性多層膜。

【請求項14】 前記元素TはFeである請求項12または13に記載の軟磁性多層膜。

【請求項15】 CoとFeの濃度比は、 $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$ である請求項14記載の軟磁性多層膜。

【請求項16】 前記軟磁性膜を構成する一元素として、Oの代わりにNが、あるいはOと共にNが用いられる請求項8または12に記載の軟磁性多層膜。

【請求項17】 前記軟磁性膜の比抵抗は、 $300 \sim 3000 \mu\Omega \cdot cm$ である請求項4ないし16のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項18】 請求項1ないし16のいずれかに記載された軟磁性多層膜によって磁心が形成されていることを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項19】 請求項1ないし16のいずれかに記載された軟磁性多層膜によって磁心が形成されていることを特徴とするフィルタ。

【請求項20】 少なくとも下部コア層と、記録媒体との対向部で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部コア層と上部コア層のうち少なくとも一方は、請求項1ないし16のいずれかに記載された軟磁性多層膜により形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項21】 成膜装置内に、組成にO及び/またはNを有する軟磁性膜を成膜した後、前記装置内に酸素あるいは窒素を導入して、前記軟磁性膜の表面を酸化あるいは窒化させ、前記表面に電気的な容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層を形成する工程と、

前記工程を繰り返し行い、表面に変質層を有する軟磁性膜を積層して多層膜化する工程と、を有することを特徴とする軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項22】 前記軟磁性膜を成膜した後、前記軟磁性膜を大気にさらして、前記軟磁性膜の表面を酸化させ、前記表面に電気容量を有する酸化膜の変質層を形成する請求項21記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項23】 前記軟磁性膜の組成にOを有する場合、前記軟磁性膜の表面を酸化して、前記表面に酸化膜の変質層を形成する請求項21または22に記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項24】 前記軟磁性膜の組成にNを有する場合、前記軟磁性膜の表面を窒化して、前記表面に窒化膜の変質層を形成する請求項21記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項25】 前記軟磁性膜を下記の組成で形成する請求項21ないし24のいずれかに記載の軟磁性多層膜の製造方法。



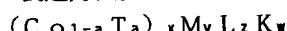
ただし、Mは、Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, Cuから選ばれる1種または2種以上の元素であり、KはOまたはNのうち一方、あるいは両方を含む元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、x, y, z, wはat%で、 $5 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $5 \leq w \leq 40$ 、 $10 \leq y+z+w \leq 40$ とし、残部はxである。

【請求項26】 前記軟磁性膜の組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 5$ 、 $20 \leq w \leq 35$ とし、残部はxである請求項25記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項27】 前記元素Mを、Zr, Hfのうち一方あるいは両方を含めて形成する請求項25または26に記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項28】 前記軟磁性膜の組成aを0で、組成Zを0at%で形成する請求項25ないし27のいずれかに記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項29】 前記軟磁性膜を下記の組成で形成する請求項21ないし24のいずれかに記載の軟磁性多層膜の製造方法。



ただし、TはFe, Niのうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、Mは、Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, Al, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Pdから選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、KはOまたはNのうち一方、あるいは両方を含む元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、x, y, z, wはat%で、 $5 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $5 \leq w \leq 40$ 、 $10 \leq y+z+w \leq 40$ とし、残部はxである。

は両方を含む元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、x, y, z, wはat%で、 $3 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $7 \leq w \leq 40$ 、 $20 \leq y+z+w \leq 60$ とし、残部はxである。

【請求項30】 前記軟磁性膜の組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 19$ 、 $20 \leq w \leq 35$ 、 $30 \leq y+z+w \leq 50$ とし、残部はxである請求項29記載の軟磁性多層膜の製造方法。

10 【請求項31】 前記元素TをFeで形成する請求項29または30に記載の軟磁性多層膜の製造方法。

【請求項32】 CoとFeの濃度比を、 $0.3 \leq \{Co/(Co+Fe)\} \leq 0.8$ で形成する請求項31記載の軟磁性多層膜の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば平面型磁気素子（トランス、インダクタ）の磁心などに用いられる軟磁性膜に係わり、特に、軟磁性膜を成膜するためのターゲットのみで、軟磁性膜と絶縁膜（変質層）の多層膜構造を形成できる軟磁性多層膜とこの軟磁性多層膜を用いた平面型磁気素子、フィルタ、及び薄膜磁気ヘッド、ならびに前記軟磁性多層膜の製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 平面型磁気素子（トランス、インダクタ）、フィルタ、及び薄膜磁気ヘッドなどの磁性層として使用される軟磁性膜は、高周波特性に優れている必要性があり、例えば周波数特性に優れた軟磁性膜として、特開平6-316748号公報に記載されているFe-Hf-O膜を挙げることができる。

【0003】 図9は、従来のインダクタの断面図である。図9では、磁性層1の上に平面コイル3が形成され、前記平面コイル3が絶縁層2によって覆われている。さらに前記絶縁層2上に磁性層4が形成され、この磁性層4の端部が、前記磁性層1と磁気的に接続されている。前記磁性層1, 4は、高周波特性に優れた、前記Fe-Hf-O膜などによって形成されている。前記磁性層1, 4はスパッタ法などによって成膜されるが、平面コイル3を覆っている絶縁層2上に形成される磁性層4は、磁気的な飽和を防ぐため、前記磁性層4の膜厚を厚くする必要性がある。

【0004】 しかし、前記磁性層4の膜厚が厚く形成されると、高周波帯域におけるコア損失（鉄損）が大きくなるといった問題がある。コア損失は、比抵抗に反比例の関係にあり、前述したFe-Hf-O膜は高い比抵抗を有しているため、前記Fe-Hf-O膜を磁性層1, 4として使用すれば、コア損失を低減できる。しかし、同時に前記コア損失は、膜厚の二乗に比例の関係にあるため、膜厚が厚くなれば、高周波帯域においては、急激にコア損失が大きくなる。よって、前記コア損失の発生

を低減し、磁気的飽和を防止するためには、薄い膜厚で形成された軟磁性膜と、絶縁膜とを交互に積層した多層膜を用いることが必要になる。前記絶縁膜には、絶縁材料として一般的な  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{SiO}_2$  などが使用されている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、成膜装置内で、軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層するには、前記軟磁性膜（例えば、 $\text{Fe}-\text{Hf}-\text{O}$  膜）と、絶縁膜（例えば、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）との組成が異なっているために、軟磁性膜を成膜するために必要なターゲットと、絶縁膜を成膜するために必要なターゲットの2種類を用意し、各ターゲットを交換しながら、軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層しなければならず、製造工程が煩雑化する。また、成膜後、軟磁性膜と絶縁膜とで構成される磁性層をパターン化する際に、軟磁性膜と絶縁膜とでは、それぞれエッチングレートが異なっているために、加工性が非常に悪いなどの問題点があった。

【0006】本発明は上記従来の問題点を解決するためのものであり、特に、軟磁性膜を成膜するために必要なターゲットのみで、前記軟磁性膜の表面に絶縁性の変質層を形成し、前記軟磁性膜の多層膜化を実現できる軟磁性多層膜及びその製造方法を提供すること、および、この軟磁性多層膜を用いた平面型磁気素子、フィルタ、及び薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明における軟磁性多層膜は、軟磁性膜の表面に、電気的な容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層が形成され、前記変質層が形成された軟磁性膜が多数積層されていることを特徴とするものである。

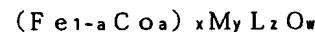
【0008】本発明では、前記軟磁性膜の組成に O が含まれ、しかも、微結晶相とアモルファス相とが混在した膜構造を有しており、前記軟磁性膜の表面に、酸化膜の変質層が形成されているもの、または、前記軟磁性膜の組成に N が含まれ、しかも、微結晶相とアモルファス相とが混在した膜構造を有しており、前記軟磁性膜の表面に、窒化膜の変質層が形成されているものとすることができる。

【0009】本発明の軟磁性多層膜の個々の層を構成する前記軟磁性膜は、例えば、 $\text{Fe}$  及び／または  $\text{Co}$  を主体とする微結晶相と、 $\text{Ti}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Hf}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Ge}$  と希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素 M と、元素 O 及び／または N を多量に含むアモルファス相とが混在した膜構造を有する。

【0010】また、前記微結晶相の結晶構造は、 $\text{bcc}$  構造、 $\text{hcp}$  構造、 $\text{fcc}$  構造のうち1種あるいは2種以上の混成構造から成ることが好ましく、より好ましくは、前記微結晶相の結晶構造が、主に  $\text{bcc}$  構造から成

ることである。また本発明では、前記微結晶相の平均結晶粒径は、30 nm 以下であることが好ましい。

【0011】また本発明では、前記軟磁性膜が例えば下記の組成で形成されている。

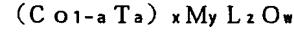


ただし、M は、 $\text{Zr}$ ,  $\text{Hf}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Ge}$  と希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、L は、 $\text{Pt}$ ,  $\text{Ru}$ ,  $\text{Rh}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Ir}$ ,  $\text{Os}$ ,  $\text{Sn}$ ,  $\text{Tl}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cu}$  から選ばれる1種または2種以上の元素であり、組成比を示す a は、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、  
 $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$  は at % で、 $5 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $5 \leq w \leq 40$ ,  $10 \leq y + z \leq 40$  であり、残部は x である。より好ましくは、前記軟磁性膜の組成比を示す a は、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、 $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$  は at % で、 $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 5$ ,  $20 \leq w \leq 35$  であり、残部が x である。

【0012】また、前記元素 M は、 $\text{Zr}$ ,  $\text{Hf}$  のうち一方あるいは両方を含む元素であることが好ましい。さら

20 に本発明では、前記軟磁性膜の組成 a は 0 であり、組成 Z は 0 at % である、すなわち、前記軟磁性膜は、 $\text{Fe}-\text{M}-\text{O}$  膜で形成されていることが好ましい。

【0013】あるいは本発明における前記軟磁性膜が下記の組成で形成されている。



ただし、T は  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$  のうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、M は、 $\text{Ti}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Hf}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Ge}$  と希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、L は、 $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ru}$ ,  $\text{Rh}$ ,  $\text{Os}$ ,  $\text{Ir}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Pd}$  から選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、組成比を示す a は、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、 $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$  は at % で、 $3 \leq y \leq 30$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $7 \leq w \leq 40$ ,  $20 \leq y + z + w \leq 60$  の関係を満足し、残部は x である。

30 【0014】また本発明では、前記軟磁性膜の組成比を示す a は、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、 $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$  は at % で、 $7 \leq y \leq 15$ ,  $0 \leq z \leq 19$ ,  $20 \leq w \leq 35$ ,  $30 \leq y + z + w \leq 50$  の関係を満足し、残部は x であることがより好ましい。

【0015】また本発明では、前記元素 T は  $\text{Fe}$  であることが好ましく、この場合、Co と Fe の濃度比は、 $0.3 \leq \{\text{Co} / (\text{Co} + \text{Fe})\} \leq 0.8$  であることが好ましい。さらに本発明では、前述した前記軟磁性膜を構成する一元素として、O の代わりに N が、あるいは O と共に N が用いられてもよい。以上詳述した本発明における前記軟磁性膜の比抵抗は、 $300 \sim 3000 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  である。

【0016】また本発明は、前述した軟磁性多層膜によって、平面型磁気素子、及びフィルタの磁心が形成され

ていることを特徴とするものである。

【0017】さらに本発明は、少なくとも下部コア層と、記録媒体との対向部で前記下部コア層と磁気ギャップを介して対向する上部コア層と、両コア層に記録磁界を与えるコイル層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下部コア層と上部コア層のうち少なくとも一方は、前述した軟磁性多層膜により形成されていることを特徴とするものである。

【0018】本発明における軟磁性多層膜の製造方法は、成膜装置内に、組成にO及び/またはNを有する軟磁性膜を成膜した後、前記装置内に酸素あるいは窒素を導入して、前記軟磁性膜の表面を酸化あるいは窒化させ、前記表面に電気容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層を形成する工程と、前記工程を繰り返し行い、表面に変質層を有する軟磁性膜を積層して多層膜化する工程と、を有することを特徴とするものである。また本発明では、前記軟磁性膜を成膜した後、前記軟磁性膜を大気にさらして、前記軟磁性膜の表面を酸化させ、前記表面に電気容量を有する酸化膜の変質層を形成してもよい。

【0019】また本発明では、前記軟磁性膜の組成にOを有する場合、前記軟磁性膜の表面を酸化して、前記表面に酸化膜の変質層を形成することが好ましい。さらに本発明では、前記軟磁性膜の組成にNを有する場合、前記軟磁性膜の表面を窒化して、前記表面に窒化膜の変質層を形成することが好ましい。

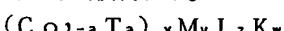
【0020】本発明では、前記軟磁性膜を下記の組成で形成している。



ただし、Mは、Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, Cuから選ばれる1種または2種以上の元素であり、KはOまたはNのうち一方、あるいは両方を含む元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、x, y, z, wはat%で、 $5 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $5 \leq w \leq 40$ 、 $10 \leq y + z \leq 40$ とし、残部はxである。また本発明では、前記軟磁性膜の組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 5$ 、 $20 \leq w \leq 35$ とし、残部はxであることがより好ましい。

【0021】さらに本発明では、前記元素Mを、Zr, Hfのうち一方あるいは両方を含めて形成することが好ましい。また本発明では、前記軟磁性膜の組成aを0で、組成Zを0at%で形成する、すなわち前記軟磁性膜の組成をFe-M-Oで形成することが好ましい。

【0022】あるいは本発明では、前記軟磁性膜を下記の組成で形成する。



ただし、TはFe, Niのうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、Mは、Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, Al, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Pdから選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、KはOまたはNのうち一方、あるいは両方を含む元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、x, y, z, wはat%で、 $3 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $7 \leq w \leq 40$ 、 $20 \leq y + z + w \leq 60$ とし、残部はxである。

【0023】また本発明では、前記軟磁性膜の組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 19$ 、 $20 \leq w \leq 35$ 、 $30 \leq y + z + w \leq 50$ とし、残部はxであることがより好ましい。また本発明では、前記元素TをFeで形成することが好ましく、この場合、CoとFeの濃度比を、 $0.3 \leq \{Co / (Co + Fe)\} \leq 0.8$ で形成することが好ましい。

【0024】従来から、平面型磁気素子（インダクタ、トランス）、フィルタ、及び薄膜磁気ヘッドなどに使用される磁性層を、薄い膜厚を有する軟磁性膜と絶縁膜とを交互に積層した多層膜構造で形成することによって、磁気的な飽和の防止と、高周波帯域におけるコア損失（鉄損）を低下させることが可能であることが知られている。

【0025】従来では、絶縁膜としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>などを用いていたが、軟磁性膜の組成と、前記絶縁膜の組成が異なるために、成膜に際して、軟磁性膜を成膜するためのターゲットと、絶縁膜を成膜するためのターゲットの2種類を必要とすることや、軟磁性膜と絶縁膜のエッチングレートの違いによる加工性の悪さなどの問題があった。

【0026】そこで本発明では、軟磁性膜の成膜に必要なターゲットのみで、軟磁性膜と絶縁膜とが交互に積層された軟磁性多層膜を形成でき、しかも前記軟磁性膜と絶縁膜の組成を同一組成で形成することを可能にしている。図1は、本発明における多層膜化された軟磁性多層膜5の構造を表す断面図である。図1に示すように基板

10上には、複数の軟磁性膜7が積層されている。本発明では前記軟磁性膜7の組成には、O（酸素）及び/またはN（窒素）が含有されており、膜構造としては、FeやCoなどの磁性を担う元素の微結晶相と、この微結晶相を取り囲むアモルファス相とが混在したものとなっている。

【0027】図1に示すように、各軟磁性膜7の表面には、変質層8が形成されている。この変質層8は、高周波に対し電気的な容量を有する酸化膜あるいは窒化膜であり、高周波領域では、前記変質層8は、軟磁気特性を有する無変質層9（軟磁性膜7から変質層8を取り除い

た部分)を磁気的にシールドし、従来における絶縁膜と同等の機能を発揮できるようにしている。

【0028】前記変質層8の構成元素は、無変質層9と同じであり、組成的に見ると、図1に示す軟磁性多層膜5はほぼ単層に近い状態で形成されている。前述したように、本発明では基板10上に積層される軟磁性膜7の組成には、O(酸素)及び/またはN(窒素)が含有されている。O(酸素)あるいはN(窒素)の量が、前記軟磁性膜7の表面と、前記軟磁性膜7の表面以外の部分とでは異なっており、前記軟磁性膜7の表面には、O(酸素)及び/またはN(窒素)が多く含有され、強い酸化膜、あるいは窒化膜の変質層8が形成されている。

【0029】図2は、3.0μmの膜厚のFe-Hf-O膜を形成し、表面に酸化膜の変質層8を形成した後に、オージェ分析法を行った結果を示している。本分析で用いたFe-Hf-O膜は、Fe<sub>55</sub>Hf<sub>11</sub>O<sub>34</sub>である。また図2の横軸が、表面からのスパッタリング深さ(μm)、縦軸がFe-Hf-O膜を構成する各原子の含有量(a t %)である。

【0030】図2に示す分析結果では、表面から約0.01μm程度の深さまでは、Fe原子やHf原子に比べて、酸素原子の含有量が非常に多くなっている。また、表面から約0.01μm程度までは、含有量は少ないもののFe原子やHf原子も含まれている。このように、表面では酸素原子の含有量が多いが、組成としてはFe-Hf-Oであることに変わりがない。すなわち、表面付近は、前記Fe-Hf-Oに多量の酸素が含まれた自然酸化膜であり、この部分が前記変質層8である。また、表面から約0.01μmよりも深い位置では、Fe原子の含有量が多くなっており、軟磁気特性を示す。

【0031】このように、Fe-Hf-O膜の表面とそれ以外の部分とでは、組成は同じであるものの、酸素原子の含有量が大きく異なっているために、単層であります、磁気的な絶縁性を有する変質層8が、表面以外の軟磁気特性を有する無変質層9の上に重ねられた積層状態になっている。

【0032】本発明者らは、前記変質層8が高周波磁界に対して磁気的な絶縁層として機能することを以下のようにして実証した。まず図3に示すように、前記Fe-Hf-O膜を基板上に成膜し、このFe-Hf-O膜の表面を大気にさらして自然酸化させ、変質層を形成した。図2に示したオージェ分析は、図3に示した軟磁性膜を分析したものであり、すなわち図3に示す実験に使用したFe-Hf-O膜の表面の変質層の厚さは0.01μm程度である。

【0033】図3では、前記Fe-Hf-O膜の変質層の表面に2つの電極部を密着させ、電極部間に交流電圧を供給してそのインピーダンスを測定した。その実験結果を図4に示す。図4に示すように、交流電流の周波数100MHz程度の高周波帯域となると、インピーダン

スが大幅に低下する。このことは、前記変質層が、高周波帯域において電気的には容量成分として機能していることを意味している。

【0034】磁性膜間の層が高周波電流に対して電気的な容量成分として機能することは、高い周波数の交流磁界に対して磁気的な絶縁層として機能するための必要条件である。本発明では、Fe-Hf-O膜などの軟磁性膜の表面に酸化層または窒化層の変質層が形成されている場合に、この変質層が少なくとも高周波帯域において電気的な容量成分として機能すれば、軟磁性を有する多層膜間で、高い周波数の高周波磁界に対して磁気シールドとして機能できるという現象に着目したものである。

【0035】本発明では、図1に示す軟磁性膜7の表面上に、高周波電流に対して電気的な容量成分として機能する酸化膜または窒化膜の変質層8を形成することにより、この変質層8を高周波磁界に対して磁気的な絶縁層として機能させることができる。したがって、図1に示す軟磁性多層膜では、個々の無変質層9、9、…の磁気的な膜厚を低下させることができ、コア損失の低減に有効である。しかも、多層膜であるために全体的な飽和磁束量を高めることができ、磁気的な飽和が生じにくい軟磁性材料を得ることができる。

【0036】なお前記Fe-Hf-O膜の表面に酸化膜を形成する方法は、前記Fe-Hf-O膜を成膜後、大気にさらすか、あるいは、成膜装置内に、酸素を封入することで容易に形成できる。前記Fe-Hf-O膜には、酸素原子と結合しやすいHf原子が含まれているために、大気に含まれている酸素原子が、前記Hf原子に引き寄せられ、前記Fe-Hf-O膜表面に、酸素でリッチな酸化膜が形成されるものと考えられる。

【0037】本発明では、Fe-Hf-O膜などのように、組成にO(酸素)及び/またはN(窒素)を含有し、さらに前記酸素原子あるいは窒素原子と結合しやすい、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, A<sub>1</sub>, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素Mを含む軟磁性膜の表面に、積極的に、酸化膜あるいは窒化膜などの変質層を形成した後、前記軟磁性膜と同一組成を有する軟磁性膜を、前記変質層上に再び成膜して、さらに前記軟磁性膜の表面に酸化膜あるいは窒化膜の変質層を形成する。このようにして積層された軟磁性多層膜は図1に示すように、軟磁気特性を有する無変質層9と、交流に対し電気容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層8とが、交互に積層された多層膜構造となり、変質層8を介して対向する無変質層9どうしは、磁気的に遮断された状態となっており、軟磁性膜7の膜厚を薄く形成すれば、軟磁気特性を有する無変質層9の膜厚は薄くなり、コア損失の低減を図れる。また前記軟磁性多層膜5を多層膜構造とすれば、前記軟磁性多層膜5全体の膜厚を厚く形成でき、磁気的な飽和を防止することができる。

【0038】特に本発明においては、軟磁性膜7の成膜に必要なターゲットのみで、多層膜構造の軟磁性多層膜5を形成できるので、製造工程を容易化でき、しかも、成膜された軟磁性膜7の無変質層9と変質層8は組成的には同じであるので、エッチングレートはほぼ同じであり、加工性も良い。

【0039】次に、本発明における軟磁性膜の特徴について説明する。本発明における軟磁性膜は、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相と、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素Mと、元素O及び/またはNを大量に含むアモルファス相とが混在した膜構造を有するものである。

【0040】本発明における軟磁性膜の具体的な組成式は、 $(Fe_{1-a}Co_a)_xMyL_zO_w$ で表される。ただし、Lは、Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, Cuから選ばれる1種または2種以上の元素であり、組成比x, y, z, wはat%である。なお、Oに代えて、あるいはOと共にN(窒素)が組成内に含まれていてもよい。

【0041】前記軟磁性膜において、Feは主成分であり、強磁性を示す元素である。従って前記Feは磁性を担う元素である。特に、高飽和磁束密度を得るためにFeの含有量が多いほど好ましい。Coは、Feと同じく磁性を担う元素であり、Feの一部を置換して添加することが可能である。良好な軟磁気特性を得るにはFeとの添加比率が0.5以下であることが好ましく、0.3以下であるとさらに好ましい。

【0042】元素Mは、軟磁気特性と高抵抗を両立するために必要な元素であり、これらは酸素と結合しやすく、酸化物を形成し、非晶質中に主に分布して、磁性膜の比抵抗を向上させるものである。この効果を得るために、少なくとも5at%以上含まれていることが好ましいが、添加量が多すぎると、磁性膜の軟磁気特性が劣化し、また、Feの濃度が低下することによる飽和磁束密度の低下のため、30at%以下であることが好ましい。より好ましくは、7at%以上15at%以下である。

【0043】元素Lは、磁性膜の耐食性、周波数特性及び磁歪を調整する元素である。これら、元素Lは10at%を越えて添加すると、軟磁気特性の劣化や飽和磁束密度の低下を招き好ましくない。より好ましくは、5at%以下とするといい。また元素Mと複合添加する際は元素Mと元素Lとの総量が5at%以上40at%以下であると好ましい。

【0044】元素Oは非晶質中に存在して元素Mと結合してMの酸化物を形成するものであり、10at%以上40at%以下含まれていることが好ましい。良好な軟磁気特性と高い飽和磁束密度、及び良好な周波数特性を

得るためには元素Oの添加量は20at%以上35at%以下であることが好ましい。

【0045】本発明では良好な軟磁気特性を確保しつつ高い飽和磁束密度を維持するためには、組成比を示すaは、 $0 \leq a \leq 0.5$ 、x, y, z, wはat%で、 $5 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $5 \leq w \leq 40$ 、 $10 \leq y + z \leq 40$ であり、残部はXであることが好ましい。さらに、良好な軟磁気特性と高い飽和磁束密度を確実に得るためにには、aは、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 5$ 、 $20 \leq w \leq 35$ であり、残部がxであることがより好ましい。

【0046】また前記元素Mは、Zr, Hfのうち一方あるいは両方を含む元素であることが好ましい。さらに本発明では、前記軟磁性膜の組成aを0に、組成zを0at%にすることが好ましい。すなわち、前記軟磁性膜の組成をFe-M-Oで形成することが好ましい。このFe-M-O膜は、非常に飽和磁束密度が高い。

【0047】または本発明では、前記軟磁性膜は、下記の組成で形成されていてもよい。



ただし、TはFe, Niのうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、Mは、Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, Al, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Pdから選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.7$ 、x, y, z, wはat%で、 $3 \leq y \leq 30$ 、 $0 \leq z \leq 20$ 、 $7 \leq w \leq 40$ 、 $20 \leq y + z + w \leq 60$ とし、残部はxである。

【0048】本発明では良好な軟磁気特性を確保しつつ高い飽和磁束密度を維持するためには、前記軟磁性膜の組成比を示すaを、 $0 \leq a \leq 0.3$ 、x, y, z, wはat%で、 $7 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 19$ 、 $20 \leq w \leq 35$ 、 $30 \leq y + z + w \leq 50$ とし、残部はxであることがより好ましい。

【0049】次に、本発明における軟磁性膜の膜構造としては、図8に示すように、元素Mの酸化物(あるいは窒化物)が主体となっているアモルファス相に、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相が混在している。前記アモルファス相は、主に元素Mの酸化物で形成されているので、高い比抵抗ρを示し、膜全体に関しても高い比抵抗を示す。特にFeと共に、あるいはFeに代えて、Coを添加すると、微結晶相にも酸素が含有され、前記微結晶相も高い比抵抗ρを示し、膜全体の比抵抗ρは、Fe-M-O膜の場合に比べて高くなる。

【0050】また軟磁性膜にCoを含有すると、前記軟磁性膜の一軸異方性は、Fe-M-O膜の一軸異方性よりも数倍大きくなり、従って、本発明における軟磁性膜の透磁率の周波数特性は、非常に良好なものとなる。た

だし、前記軟磁性膜にCoを添加すると、Fe-M-O膜に比べて、飽和磁束密度は低下する。

【0051】また本発明において、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相の結晶構造としては、bcc構造(体心立方構造)、fcc構造(面心立方構造)、hcp構造(稠密六方構造)のうちいずれであってもよいが、より好ましくは結晶構造の大半がbcc構造で形成されていることである。なお前記微結晶相の平均結晶粒径は30nm以下であることが好ましい。

#### 【0052】

【発明の実施の形態】図5、図6は、本発明におけるインダクタの構造を示すものであり、図5は平面図、図6は図5の6-6線断面図である。図6に示すように、基板30上に取り出し電極31が形成されている。この取り出し電極31は、端子としての役割を有している。前記基板30上及び取り出し電極31上に、絶縁膜32と磁性膜33と絶縁膜34が順次積層され、絶縁膜34上にスパイラルコイル状の平面コイル35が形成される。平面コイル35の中心部は、絶縁膜32と本発明の軟磁性多層膜で形成された磁性膜33と絶縁膜34に開けられたスルーホールを介して取り出し電極31と接続されている。さらに平面コイル35を覆う絶縁膜36が形成され、絶縁膜36上に本発明の軟磁性多層膜で形成された磁性層37が形成されている。平面コイル35の端からは取り出し電極38が基板30上に延びている。前記取り出し電極38も、取り出し電極31と同様に端子としての機能を有している。

【0053】平面コイル35は、銅、銀、金、アルミニウムあるいはこれらの合金などの良導電性金属材料からなり、インダクタンス、直流重量特性、サイズなどに応じて、電気的に直列に、または並列に、さらに縦あるいは横に絶縁膜を介して適宜配置することができる。また平面コイル35を並列的に複数設け、各平面コイル35を絶縁膜36を介して対向させることで、トランスを構成できる。さらに、平面コイル35は、導電層を基板上に形成後、フォトエッチングすることにより各種の形状を作成できる。導電層の成膜方法としては、プレス圧着、メッキ、金属溶射、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、スクリーン印刷焼成法などの適宜の方法を用いればよい。

【0054】絶縁膜32、34、36は、ポリイミドなどの高分子フィルム、SiO<sub>2</sub>、ガラス、硬質炭素膜などの無機質膜からなるものを用いることが好ましい。この絶縁膜32、34、36は、ペースト印刷またはスピンドロート後に焼成する方法、溶融メッキ法、溶射、気相メッキ、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティングなどの方法により形成される。

【0055】図7は、本発明の実施形態としての薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。図7に示す薄膜磁気ヘッドは、浮上式ヘッドを構成するスライダのトレーリング側

端面に形成されたものであり、読み出しヘッド(再生ヘッド)上に書き込み用のインダクティブヘッドが積層された、いわゆるMR/インダクティブ複合型薄膜磁気ヘッドである。なお図7に示す薄膜磁気ヘッドは、インダクティブヘッドである。

【0056】図7に示す符号40は、本発明の軟磁性多層膜で形成された下部コア層40である。前記下部コア層40の上には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの非磁性の絶縁材料で形成されたギャップ層41が形成され、さらに前記ギャップ層41の上には、レジスト材料やその他の有機材料で形成された絶縁層42が形成されている。

【0057】前記絶縁層42上には、Cuなどの電気抵抗の低い導電性材料により、コイル層43が螺旋状に形成されている。なお前記コイル層43は、後述する上部コア層45の基礎部45bの周囲を周回するように形成されているが、図7では前記コイル層43の一部のみが現れている。そして前記コイル層43の上には、有機樹脂材料などの絶縁層44が形成されている。

【0058】前記絶縁層44の上には、本発明の軟磁性多層膜で形成された上部コア層45が形成されている。上部コア層45の先端部45aは、記録媒体との対向部において、下部コア層40上に前記ギャップ層41を介して接合され、ギャップ長G1の磁気ギャップが形成されている。また上部コア層45の基礎部45bは、ギャップ層41及び絶縁層42に形成された穴を介して、下部コア層40に磁気的に接合されている。

【0059】書き込み用のインダクティブヘッドでは、コイル層43に記録電流が与えられると、下部コア層40及び上部コア層45に記録磁界が誘導され、下部コア層40と上部コア層45の先端部45aとの磁気ギャップ部分からの洩れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。

【0060】本発明では、図5、6に示すインダクタの磁性膜33、37、及び図7に示す薄膜磁気ヘッドの下部コア層40、上部コア層45が、図1に示すように、軟磁性膜7が複数積層された軟磁性多層膜5によって形成されている。図1に示すように、前記軟磁性膜7は、その表面に酸化膜あるいは窒化膜の変質層8が形成され、前記変質層8以外の部分は、軟磁性特性を有する無変質層9である。前記変質層8は高周波帯域で、電気容量を有し、磁気的なシールド膜としての機能を果たしている。

【0061】本発明において、前記軟磁性膜7は、図8に示すように、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相と、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、W、Al、Si、Cr、P、C、B、Ga、Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素Mと、元素O及び/またはNを多量に含むアモルファス相とが混在した膜構造を有している。前記軟磁性膜7の表面に形成されている酸化膜あるいは窒化膜の変質層8にも、微

量ながらも、Fe及び/またはCoと、元素Mが含まれており、前記変質層8の構成元素は、軟磁性特性を有する無変質層9と同じであり、組成的には、前記軟磁性多層膜5は単層に近い状態となっている。

【0062】しかしながら本発明では、軟磁性膜7を構成する前記変質層8と無変質層9に含まれる酸素原子あるいは窒素原子の含有量が大きく異なり、積極的に、酸化膜あるいは窒化膜とされた変質層8には、多量の酸素原子あるいは窒素原子が含まれており、絶縁性を有している。さらに前記変質層8は、前述したように、高周波帯域で、電気容量を有しており、軟磁性特性を有する無変質層9間に磁気的にシールドする機能を有している。

【0063】このように、前記軟磁性多層膜5を、軟磁性膜7の多層膜構造で形成することによって、膜厚を厚くすることで磁気的な飽和を防止でき、しかも、各軟磁性膜7の表面に形成された変質層8によって、軟磁性特性を有する無変質層9の間が、磁気的にシールドされているから、高周波におけるコア損失を低減することが可能である。従って、前記軟磁性膜を使用した上述のインダクタ及び薄膜磁気ヘッドは、優れた高周波特性を有することができる。

【0064】図1に示す軟磁性多層膜5を形成するには、スパッタ法、蒸着法などを使用すればよい。スパッタ装置としてはRF二極スパッタ、DCスパッタ、マグネットロンスパッタ、三極スパッタ、イオンビームスパッタ、対向ターゲット式スパッタなどの既存のものを使用すればよい。

【0065】スパッタ装置内には、軟磁性膜7を成膜するためのターゲットを用意し、スパッタ放電によって、図1に示す基板上に、前記軟磁性膜7を成膜する。この成膜時に、前記軟磁性膜7中に、O<sub>2</sub>(酸素)、あるいはN<sub>2</sub>(窒素)を添加する方法としては、Arなどの不活性ガス中にO<sub>2</sub>ガス、あるいはN<sub>2</sub>ガスを混合した(Ar+O<sub>2</sub>)混合ガス、あるいは(Ar+N<sub>2</sub>)雰囲気中でスパッタを行う反応性スパッタ、あるいは、元素Mの酸化物あるいは窒化物のチップを用いた複合ターゲットをAr雰囲気中、あるいはAr+O<sub>2</sub>、Ar+N<sub>2</sub>雰囲気中でスパッタする方法が有効である。

【0066】図1に示す基板10上にまず第1層目の軟磁性膜7を成膜した後、スパッタ放電を止めて、O<sub>2</sub>(酸素)、あるいはN<sub>2</sub>(窒素)を封入し、前記軟磁性膜7の表面に、酸化膜あるいは窒化膜の変質層8を形成する。この変質層8は高周波に対し、電気容量を有する。そして再び、スパッタ放電によって、前記変質層8上に第2層目の軟磁性膜7を成膜し、成膜後、スパッタ放電を止めて、酸素、あるいは窒素を封入して前記軟磁性膜7の表面に、酸化膜あるいは窒化膜の変質層8を形成する。この工程を繰り返すことによって、変質層8を除いた部分の軟磁性特性を有する無変質層9と絶縁性の変質層8とを交互に積層したような多層膜構造の軟磁性

多層膜5を形成することができる。

【0067】また前記軟磁性膜7の表面に酸化膜の変質層8を形成する方法としては、前述したように、軟磁性膜7を成膜後、装置内に酸素を封入する方法と、成膜された軟磁性膜7を、大気中にさらすことによって、前記軟磁性膜7の表面に酸化膜の変質層8を形成することができる。なお、前記軟磁性膜7の組成にO(酸素)を含有するときは、前記軟磁性膜7の表面に酸化膜の変質層8を形成することが好ましい。あるいは、前記軟磁性膜7の組成にN(窒素)を含有するときは、前記軟磁性膜7を成膜後、窒素を封入することによって、前記軟磁性膜7の表面に窒化膜の変質層8を形成することが好ましい。

【0068】次に本発明で使用される軟磁性膜7の組成について説明する。前記軟磁性膜7は(Fe<sub>1-a</sub>Co<sub>a</sub>)<sub>x</sub>MyL<sub>z</sub>O<sub>w</sub>から成る組成によって形成される。ただし、Mは、Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Al, Si, Cr, P, C, B, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、しは、Pt, Ru, Rh, Pd, Ir, Os, Sn, Ti, Au, Ag, Cuから選ばれる1種または2種以上の元素であり、組成比を示すaは、0≤a≤0.5、x, y, z, wはat%で、5≤y≤30、0≤z≤20、5≤w≤40、10≤y+z≤40であり、残部はxである。

【0069】より好ましくは、前記軟磁性膜の組成比を示すaは、0≤a≤0.3、x, y, z, wはat%で、7≤y≤15、0≤z≤5、20≤w≤35であり、残部がxである。また本発明では、前記元素Mは、Zr, Hfのうち一方あるいは両方を含む元素であることが好ましい。

【0070】あるいは本発明では、前記軟磁性膜7は(Co<sub>1-a</sub>Ta)<sub>x</sub>MyL<sub>z</sub>O<sub>w</sub>の組成で形成されている。ただし、TはFe, Niのうちどちらか一方あるいは両方を含む元素であり、Mは、Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Cr, Mo, Si, P, C, W, B, Al, Ga, Geと希土類元素から選ばれる1種または2種以上の元素であり、Lは、Au, Ag, Cu, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Pdから選ばれる1種あるいは2種以上の元素であり、組成比を示すaは、0≤a≤0.7、x, y, z, wはat%で、3≤y≤30、0≤z≤20、7≤w≤40、20≤y+z+w≤60の関係を有し、残部はxである。より好ましくは、前記軟磁性膜の組成比を示すaは、0≤a≤0.3、x, y, z, wはat%で、7≤y≤15、0≤z≤19、20≤w≤35、30≤y+z+w≤50の関係を有し、残部はxである。

【0071】また本発明では、前記元素TはFeであることが好ましく、この場合、CoとFeの濃度比は、0.3≤{Co/(Co+Fe)}≤0.8であること

が好みしい。元素TをFeとして、CoとFeとの割合を $0.3 \leq \{Co / (Co + Fe)\} \leq 0.8$ とすることで、より優れた軟磁性特性及び周波数特性を得ることができる。さらに好みしくは、CoとFeとの割合を7:3とすると良い。また本発明における前記軟磁性膜を構成する一元素として、Oの代わりにNが、あるいはOと共にNが用いられてもよい。なお本発明の軟磁性膜7によれば、 $300 \sim 3000 \mu\Omega \cdot cm$ 程度の比抵抗を得ることが可能である。

【0072】以上のように本発明では、図1に示すように、軟磁性多層膜5は、複数の軟磁性膜7が積層された多層膜構造で形成されており、しかも、各軟磁性膜7の表面には、高周波に対し電気容量を有する酸化膜あるいは窒化膜の変質層8が形成され、軟磁性特性を有する無変質層9の間が、前記変質層8によって磁気的にシールドされている。このように、前記軟磁性多層膜5を、軟磁性膜7の多層膜構造で形成することによって、膜厚を厚くすることで磁気的な飽和を防止でき、しかも、各軟磁性膜7の表面に形成された変質層8によって、軟磁性特性を有する無変質層9の間が、磁気的にシールドされているから、高周波におけるコア損失を低減することが可能である。

【0073】特に本発明では、軟磁性膜7を成膜するために使用するターゲットのみを用いることによって、図1に示す無変質層9と変質層8が、交互に積層された多層膜構造を形成でき、製造工程を容易化することができる。しかも、前記軟磁性膜7の無変質層9と変質層8は、組成的には同じであるので、エッチングレートもほぼ同じであり、加工性を向上させることができる。

【0074】なお本発明では、図1に示す軟磁性多層膜5を使用する具体的な実施例として、インダクタ(図5、6)と薄膜磁気ヘッド(図7)を挙げたが、例えば、一次側と二次側のコイルを設けた薄膜トランジスタの軟磁性多層膜にも適用できる。この軟磁性多層膜を使用した薄膜トランジスタは、上述のインダクタ及び薄膜磁気ヘッドと同様、優れた高周波特性を有することができる。さらに近年では、移動通信機器が発達し、機器の小型化及び高周波化が要求されている。こうした中で、例えば携帯電話機用のLCフィルタの構成要素の中で占有面積の大きい空心インダクタに、前記軟磁性多層膜5を適用することにより、高周波特性に優れたフィルタを提供することができる。

#### 【0075】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、例えば、組成にO(酸素)及び/またはN(窒素)を有し、膜構造としては、Fe及び/またはCoを主体とする微結晶相と、元素M(Hfなど)とO及び/またはNを多量に

含むアモルファス相とが混在する構造である軟磁性膜を成膜した後、前記軟磁性膜の表面を酸化あるいは窒化して変質層を形成し、表面に前記変質層が形成された軟磁性膜を積層して多層膜化している。本発明では、前記変質層は、高周波帯域において電気的な容量成分を有し、磁気的なシールド機能を発揮するため、前記軟磁性膜の膜厚を薄く形成して多層膜化すれば、コア損失の低減を図れると同時に、磁気的な飽和を防止することができる。

10 【0076】特に本発明においては、軟磁性膜を成膜するためには必要なターゲットのみで、表面に変質層を有する軟磁性膜の多層膜構造を形成でき、製造工程の容易化を実現できると共に、前記変質層の構成元素は、軟磁性膜と同じであるので、加工性にも優れている。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における軟磁性多層膜の構造を示す断面図、

【図2】 $3.0 \mu m$ の膜厚を有するFe-Hf-O膜を成膜し、前記Fe-Hf-O膜における表面からの深さと、各原子の含有量との関係を示すグラフ、

20 【図3】Fe-Hf-O膜における周波数とインピーダンスとの関係を測定するための実験図、

【図4】Fe-Hf-O膜における周波数とインピーダンスとの関係を示すグラフ、

【図5】本発明の実施形態の構造を示す平面型磁気素子(インダクタ)の拡大平面図、

【図6】図5に示す6-6線の断面図、

【図7】本発明の実施形態の構造を示す薄膜磁気ヘッドの縦断面図、

30 【図8】本発明における軟磁性膜の膜構造を表す模式図、5

【図9】従来におけるインダクタの断面図、

#### 【符号の説明】

5 軟磁性多層膜

7 軟磁性膜

8 変質層

9 無変質層

30 基板

31、38 取り出し電極

40 32、34、36 絶縁膜

33、37 磁性膜

35 平面コイル

40 下部コア層

41 ギャップ層

42、44 絶縁層

43 コイル層

45 上部コア層

【図1】

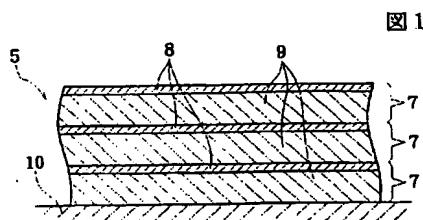


図1

【図2】

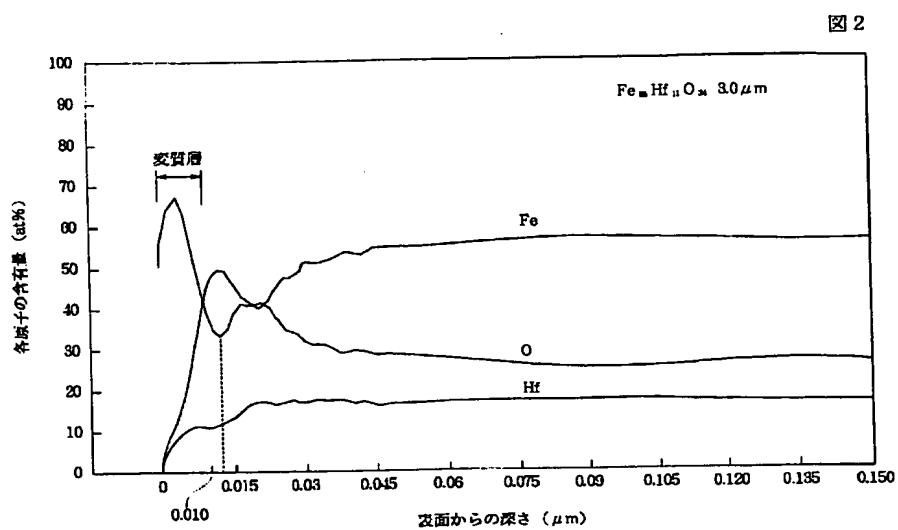


図2

【図3】

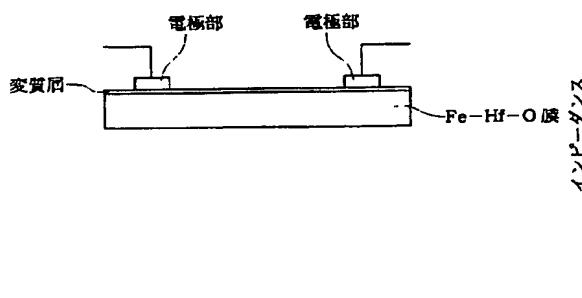


図3

【図4】

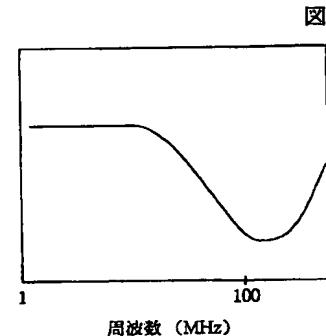


図4

【図5】

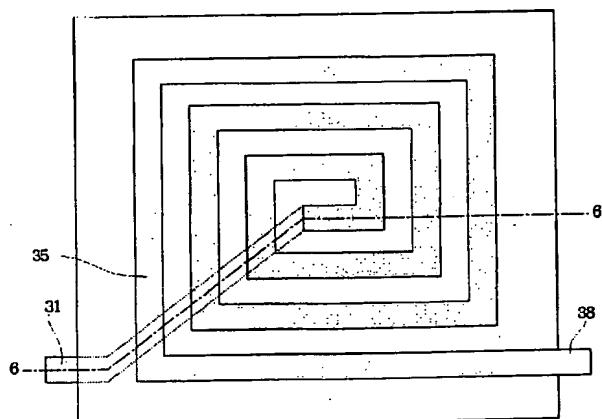


図5

【図6】

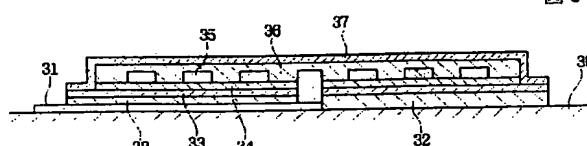


図6

【図7】

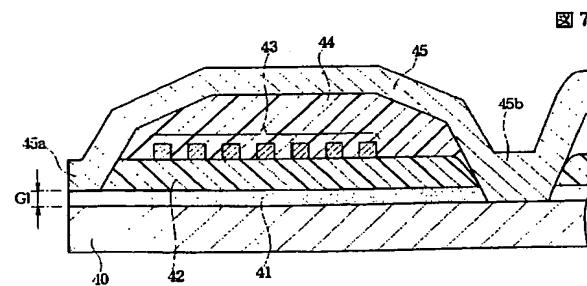


図7

【図8】

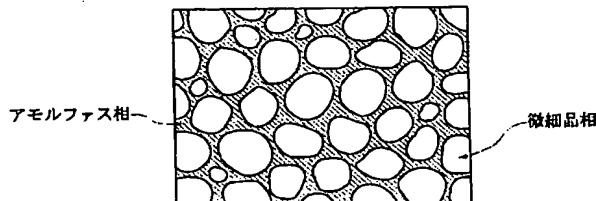


図8

【図9】

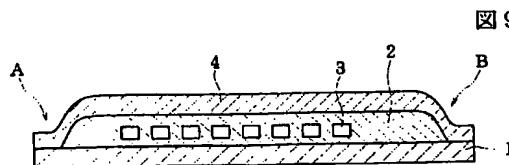


図9

## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H O 1 F 17/04

識別記号

F I  
H O 1 F 17/04

テーマコード<sup>\*</sup> (参考)

F

(72) 発明者 佐藤 敏郎  
長野県長野市稲葉1006-1  
(72) 発明者 山沢 清人  
長野県長野市松代町城東90番地  
(72) 発明者 佐々木 義人  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内

(72) 発明者 畑内 隆史  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内  
F ターム(参考) 5D033 BA08 CA01 DA02 DA31  
5D093 BC05 HA05 HA06 JA01 JA06  
5E049 AA01 AA04 AA09 AC01 AC05  
BA12 DB04 DB14  
5E070 AA01 AA11 AB02 BA11 BB02  
CB04 CB12